

Verbeteren van het SCALWEST model

Eindrapport deel I

26 augustus 2002

Eindrapport deel 1

Rijksinstituut voor Kust en Zee

Heer Bokelweg 145

Postbus 91

3000 AB Rotterdam

+31 (0)10 467 13 61

010-4674559

info@rotterdam.royalhaskoning.com

www.royalhaskoning.com

Arnhem 09122561

Telefoon

Fax

E-mail

Internet

KvK

Documenttitel	Verbeteren van het SCALWEST model
	Eindrapport deel I
Status	Eindrapport deel 1
Datum	26 augustus 2002
Projectnaam	Verbeteren SCALWEST model
Projectnummer	1206
Opdrachtgever	Rijksinstituut voor Kust en Zee
Referentie	1206/R01513/GD/Rott2b

Opgesteld door	Gerard Dam/Maarten Jansen
Gecontroleerd door	Maarten Jansen
Datum/paraaf controle	
Goedgekeurd door	Eddy Collard
Datum/paraaf	

SAMENVATTING

Rijkswaterstaat ontwikkelt waterbewegingsmodellen voor beheersproblemen en beleidsvragen. De stromingsmodellen zijn afgeregeld op de waterstanden en debieten in de hoofdgeulen. De waterbeweging in het intergetijdengebied is nooit verder afgeregeld omdat dit van minder belang is voor de grootschalige waterbeweging. Echter, om de beheersproblemen en beleidsvragen op het gebied van ecologie, morfologie en veiligheid te kunnen beantwoorden is een goede reproductie van de waterbeweging (met name stroomsnelheden) in het intergetijdengebied nodig. Tijdens dit onderzoek is in de eerste fase, het SCALWEST 1996 model zo optimaal mogelijk afgeregeld voor het intergetijdengebied en in de tweede fase is een nieuw SCALWEST 2000 model gemaakt. Tijdens de tweede fase is bij de afregeling van het intergetijdengebied zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de kennis die opgedaan is tijdens de eerste fase.

Aanpassing bodemruwheden in het intergetijdengebied voor het SCALWEST-1996 model

Het SCALWEST model is een 2DH- waterbewegingsmodel van de Westerschelde. Het is gebaseerd op WAQUA in SIMONA. Om inzicht te krijgen in de reproductie van stroomsnelheden van dit model in de intergetijdengebieden zijn in 1999 en 2000 twee onderzoeken uitgevoerd (Svašek 1999; Svašek & Alkyon 2000). Uit deze onderzoeken is gebleken dat de reproductiekracht van stroomsnelheden van het SCALWEST-model (met de bodemligging uit 1996) slecht is op de slikken en redelijk op de platen. Een aanpassing van de bodemruwheid lijkt de sleutel tot verbetering van de reproductiekracht. Op basis van de geomorfologische kaart van 1996 (Meetdienst, 1997) is tijdens het laatste onderzoek (Svašek & Alkyon 2000) voor elke geomorfologische eenheid een ruwheid bepaald en zo is het SCALWEST 1996-2 model ontstaan.

Uit dit onderzoek is gebleken dat voor het SCALWEST model de ruwheid per geuldeel niet van belang is voor stroming over de platen die ingesloten zijn tussen geulen. Geulparen hebben in het SCALWEST 1996 model dezelfde ruwheid, terwijl dit in werkelijkheid niet zo hoeft te zijn. Dit kan van belang zijn voor de stroming over platen, die ingeklemd zijn tussen de geulen. Een klein faseverschil door een andere ruwheid zou het verhang over een plaat kunnen wijzigen en dus de stroomsnelheden. Om het debiet tussen de Pas van Terneuzen en de Everingen kloppend te maken werd tijdens de eerste fase van dit onderzoek de ruwheid per geuldeel aangepast. Als gevolg hiervan werden geen grote verschillen in stroomsnelheid gevonden op de Middelpaalt. In kortsluitgeulen werden even grote verschillen gevonden als in de hoofdgeulen. De ruwheid per geuldeel lijkt dus niet van belang te zijn voor stroming over platen.

Vanuit de theorie is onderzocht hoe de metingen gebruikt kunnen worden om de ruwheid te berekenen. Hierbij is aangenomen dat de snelheden in de verticaal een logaritmisch profiel hebben. Zo kan door gebruik te maken van dit logaritmisch profiel van snelheden de ruwheid berekend worden. Uit de metingen op de Plaat van Baarland (bij GC van 1.16) en de Molenplaat bleek dat het profiel goed met een logaritmisch profiel te beschrijven is tijdens een springtij. Tussen de ruwheden zoals gevonden in het model en berekend uit de metingen zit een groot verschil op de Plaat van Baarland. Op de Molenplaat komen de ruwheden beter overeen.

Gekozen is om het SCALWEST (dieptegemiddelde) model af te regelen op de snelheidsmetingen. De metingen zijn echter uitgevoerd op een vaste meethoogte boven de bodem. Als uitgegaan wordt van een logaritmisch profiel van de snelheidsverdeling in de verticaal op intergetijdengebieden betekent dit dat er nog een omrekening plaats kan vinden van vaste meethoogte naar dieptegemiddelde hoogte. Dit is niet gedaan omdat er tot op heden geen bewijs is voor het bestaan van een logaritmisch snelheidsprofiel op intergetijdengebieden. Bovendien zijn de gevonden afwijkingen tussen model en meting meestal zeer groot, dat dit niet alleen te wijten kan zijn aan het al dan niet omrekenen van de snelheden naar een logaritmisch profiel.

Vervolgens zijn de uitkomsten van het SCALWEST-1996 model vergeleken met stroommetingen in het intergetijdengebied en is uiteindelijk besloten om de ruwheid van de geomorfologische eenheid "Plaat/slik, laag slib" nog enigszins aan te passen. Voor de overige geomorfologische eenheden waren de verschillen in stroomsnelheden te klein of niet eenduidig genoeg om aan te passen. Van een aantal eenheden waren geen of te weinig metingen beschikbaar, waardoor het niet verantwoord was om op basis hiervan de ruwheden aan te passen. Op deze manier is het afgeregelde SCALWEST 1996-model (SW 1996-3) voor het intergetijdengebied tot stand gekomen.

Uit de validatie van het afgeregelde ruwheidsveld onder normale en stormomstandigheden is gebleken dat alleen tijdens storm een verschil merkbaar is in de waterstanden die optreden in het intergetijdengebied. Dit verschil bedraagt voor de februari 1990 storm maar maximaal 3 cm op hoogwater bij Bath. De intergetijdengebieden lijken dus geen grote rol te spelen voor de grootschalige waterbeweging tijdens stormomstandigheden.

Uit een analyse van de geomorfologische kaart van 1996 blijkt dat op sommige lokaties de geomorfologische eenheden uit de kaart van 1996 niet overeenstemmen met de werkelijkheid. Een voorbeeld is meetpunt 3 van Paulina dat volgens de geomorfologische kaart op het schor ligt, terwijl dit meetpunt op het slik ligt. Voor gebruik van de geomorfologische kaart voor ruwheidsbepalingen moet dus goed de juistheid van de kaart onderzocht worden.

Uit de puntenwolken waarbij de gemiddelde stroomsnelheid is uitgezet tegen de gemiddelde waterdiepte blijkt dat de stroomsnelheden met het SCALWEST 1996-3 model zijn afgenomen ten opzichte van het SCALWEST 1996-1a model (hierbij is de ruwheid op het intergetijdengebied gehalveerd ten opzichte van SCALWEST 1996-1). Dit wordt veroorzaakt doordat de ruwheden in het intergetijdengebied verhoogd zijn, waardoor de stroomsnelheden afgenomen zijn.

Uit de grafieken waarbij verschillende stroomparameters uitgezet zijn tegen het oppervlak blijkt dat door gebruik van het SCALWEST 1996-3 model de parameters minder onderscheidend zijn dan bij het SCALWEST 1996-1a model. Dit zou men in eerste instantie niet verwachten. De reden is dat de stroomsnelheden in hoogdynamische gebieden gedaald zijn.

Dit komt omdat de bodemruwheid aan de beddingvorm en de hydraulische ruwheid is aangepast. Een ruwer bed heeft dus ook een grotere ruwheid gekregen, waardoor de stroomsnelheden gedaald zijn.

Bouw en afregeling SCALWEST 2000 model

Het SCALWEST 2000 model is gebouwd ter ondersteuning van de advisering van het RIKZ aan Rijkswaterstaat, Directie Zeeland. Het model omvat de Westerschelde en de Zeeschelde tot aan Gent. De zeewaartse rand ligt op de NAP-20 m lijn en verder heeft het model een zuidelijke rand bij Nieuwpoort en een noordelijke rand bij Domburg. De bodemligging van het model is voor de diepe geul afkomstig van een bodemliggingskaart van 2000 en voor het intergetijdengebied is een kaart uit 2001 gebruikt. In het model zijn door middel van overlaten de meeste strekdammen in de Westerschelde ingebracht.

Het ruwheidsveld is voor de diepe geulen afkomstig uit het SCALWEST 1996 model en is voor het intergetijdengebied verder afgeregeld op basis van de methodiek uit fase 1, waarin gebruik gemaakt wordt van de geomorfologische kaart uit het jaar 2000. Het SCALWEST 2000 model is niet verder afgeregeld voor het intergetijdengebied omdat er geen stroommetingen rond het jaar 2000 beschikbaar zijn.

Voor calibratie van de grootschalige waterbeweging is een klein gevoeligheidsonderzoek gedaan. Het model bleek met name gevoelig voor bodemruwheden. Dit is in overeenstemming met eerdere onderzoeken (Svašek, 1997).

Na calibratie van het SCALWEST 2000 model, reproduceert het model de waterstanden op de Westerschelde goed. Tijdens doottij en gemiddeld tij is de reproductie beter dan tijdens springtij. De getijslag wordt goed gereproduceerd, meestal op 0,05 m nauwkeurig. Ten opzichte van het SCALWEST 1996 model (Svašek, 1998b) reproduceert het SCALWEST 2000 iets slechter op de Westerschelde voor de meeste stations. Het verschil wordt veroorzaakt doordat het SCALWEST 1996 model aangedreven wordt door gemeten randvoorwaarden terwijl het SCALWEST 2000 model door berekende randvoorwaarden wordt aangedreven.

De reproductie van waterstanden van het SCALWEST 2000 model op de Schelde is minder goed. In Antwerpen zijn de RMS-waarden groter dan 0,10 m (RMS=root-mean-square, maat voor de gemiddelde afwijking van berekende waterstanden ten opzichte van gemeten waterstanden). Dit komt deels door de gebruikte randvoorwaarden en deels doordat de bodem van de Schelde van voor 1996 is. Op de Schelde laat het verloop van de waterstanden wel een goed beeld zien dat overeenkomt met de gemiddelde verhanglijnen.

De debieten worden redelijk goed berekend met het model. In sommige raaien is de afwijking meer dan 10 % ten opzichte van de gemeten getijvolumes. Dit kan door een betere bodemligging of een iets andere ligging van de raai verbeterd worden.

Tijdens een stormsituatie berekent het model de waterstanden te laag. De hoogwaters zijn gemiddeld 0,20 m te laag. Een andere windformulering zou de oplossing kunnen bieden.

Wanneer in de toekomst het model gebruikt gaat worden voor doeleinden waarbij stroomsnelheden in het intergetijdengebied of extreme stormsituaties van belang zijn, zal

eerst de nauwkeurigheid van het model voor deze situaties bepaald moeten worden, daarvoor is het noodzakelijk om voldoende meetgegevens te hebben.

Momenteel is het mogelijk om in WAQUA verschillende ruwheden op te geven voor eb en vloed en verschillende ruwheidsformuleringen naast elkaar te gebruiken. Hiermee kan het SCALWEST 2000 model in de toekomst nog beter afgeregeld worden. In fase 1 van dit onderzoek is namelijk gebleken dat de ruwheden tijdens eb en vloed verschillen.

Er zijn nieuwe *rvw* gevonden die de prestatie van SCALWEST 2000 model waarschijnlijk zullen vergroten. Aanbevolen wordt om deze te gaan gebruiken.

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
SAMENVATTING	I
1 INLEIDING	1
1.1 Algemeen	1
1.2 Probleemstelling onderzoek	2
1.3 Doelstellingen	2
1.4 Methodiek	2
1.4.1 Fase 1: Het afregelen van het bestaande SCALWEST model met metingen in het intergetijdengebied (met de bodem uit 1996).	3
1.4.2 Fase 2: Het bouwen en afregelen van het nieuwe SCALWEST model met de bodem uit 2000.	3
1.5 Leeswijzer	4
2 ANALYSE	5
2.1 Inleiding	5
2.2 Het SCALWEST-1996 model (SW 1996-1)	5
2.3 Hypothese waterbeweging in intergetijdengebieden	5
2.4 Eerder onderzoek	6
3 VERGELIJKING SCALWEST-1 EN SCALWEST-2 MET INTERGETIJDOMETINGEN	8
3.1 Inleiding	8
3.2 Werkwijze	8
3.3 Resultaten SCALWEST-1 en SCALWEST-2 met intergetijdenmetingen	10
3.3.1 Zuidgors West	10
3.3.2 Waarde Oost	11
3.3.3 Zuidgors Oost	12
3.3.4 Paulinapolder	13
3.3.5 Bath West	14
3.3.6 Molenplaat	15
3.3.7 Baarland	15
3.4 Vergelijking maximale snelheden tussen SCALWEST 1996-1 en SCALWEST 1996-2	16
3.5 Conclusie	16
4 VERBETEREN VAN HET RUWHEIDSVELD VOOR HET INTERGETIJDGEBIED	18
4.1 Inleiding	18
4.2 Ruwheid per geul aanpassen	18
4.3 Verbeteren ruwheidsveld vanuit praktijk	20
4.4 Verbeteren ruwheidsveld vanuit theorie op basis van metingen Baarland en Molenplaat	23
4.5 Definitief ruwheidsveld (SCALWEST 1996-3)	25

5	VALIDATIE SCALWEST 1996-3	27
5.1	Inleiding	27
5.2	Validatie normale omstandigheden	27
5.3	Validatie storm omstandigheden	27
5.4	Validatie van de ruwheden vanuit de theorie en de praktijk	28
5.5	Conclusie	28
6	VERGELIJKING SW 1996-1 EN SW 1996-3 MODEL	30
6.1	Puntenwolken gemiddelde stroomsnelheid versus gemiddelde waterdiepte	30
6.2	Afhankelijkheid parameters	32
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	33
7.1	Conclusies	33
7.2	Aanbevelingen	34
8	LITERATUURLIJST	35

1 INLEIDING

1.1 Algemeen

Door Rijkswaterstaat worden waterbewegingsmodellen ontwikkeld voor beheersproblemen en beleidsvragen. De stromingsmodellen zijn afgeregeld op de waterstanden en debieten in de hoofdgeulen. De waterbeweging in het intergetijdengebied is nooit verder afgeregeld omdat dit van minder belang is voor de grootschalige waterbeweging. Echter, om de beheersproblemen en beleidsvragen op het gebied van ecologie, morfologie en veiligheid te kunnen beantwoorden is een goede reproductie van de waterbeweging (met name stroomsnelheden) in het intergetijdengebied nodig.

Het SCALWEST model is een 2DH- waterbewegingsmodel van de Westerschelde. Om inzicht te krijgen in de reproductie van stroomsnelheden van dit model in de intergetijdengebieden zijn in 1999 en 2000 twee onderzoeken uitgevoerd (Svašek 1999; Svašek & Alkyon 2000). Uit dit onderzoek bleek dat de reproductiekracht van stroomsnelheden van het SCALWEST-model (met de bodemligging uit 1996) slecht is op de slikken en redelijk op de platen. Een aanpassing van de bodemruwheid lijkt de sleutel tot verbetering van de reproductiekracht en daar is reeds een begin mee gemaakt door per geomorfologische eenheid (Meetkundige dienst, 1997) een bepaalde ruwheid toe te kennen. In de 1^e fase van dit onderzoek zal het SCALWEST 1996 model definitief worden afgeregeld voor het intergetijdengebied.

Daarnaast zal tijdens de 2^e fase van dit onderzoek een nieuwe schematisatie gemaakt en afgeregeld worden met de bodem uit het jaar 2000 voor zowel de geulen als het intergetijdengebied (SCALWEST-2000). SCALWEST-2000 kan gaan dienen als basis voor een eventuele uitbreiding van het SCALWEST model naar een 3D model. Het nieuwe SCALWEST 2000 model zal afgeleid worden uit het Rand Delta III (RD-III) model. Het Rand Delta III (RD-III) model is een waterbewegingsmodel van het gebied vanaf Scheveningen tot aan Zeebrugge. Ten oosten van de lijn Vlissingen-Breskens (dus de Westerschelde en de Zeeschelde) is het bestaande SCALWEST model vrijwel ongewijzigd overgenomen, waarbij de bodemligging op de Westerschelde is aangepast aan de situatie van het jaar 2000. In het mondingsgebied van de Westerschelde is het model t.o.v. SCALWEST 1996 sterker gedetailleerd en verder uitgebreid in zeewaartse richting (fig. [2.1 en 2.3]). Hierbij is ook de 1:3 koppeling hersteld naar het Kuststrookmodel zodat het model weer in de modellenreeks van Rijkswaterstaat past.

Aan Royal Haskoning (voorheen Svašek) is door RWS, RIKZ gevraagd deze opdracht uit te voeren (Overeenkomst RKZ-1050, dd 10-9-2001). De opdracht is in 2 fases gesplitst:

- **Fase 1: Het afregelen van het bestaande SCALWEST model met metingen in het intergetijdengebied (met de bodem uit 1996).** Dit wordt gedaan omdat de metingen in het intergetijdengebied uit 1996 zijn. (Svašek, 2001)
- **Fase 2: Het bouwen en afregelen van het nieuwe SCALWEST model met de bodem uit 2000.**

Dit Eindrapport deel I is een verslaglegging van de eerste fase van het onderzoek. Voor de verslaglegging van de tweede fase van het onderzoek wordt verwezen naar Eindrapport deel II.

1.2 Probleemstelling onderzoek

Tot op heden is de reproductie van de stroomsnelheden in het intergetijdengebied door het SCALWEST-model nog onvoldoende om beheersproblemen en beleidsvragen op het gebied van ecologie, morfologie en veiligheid goed te kunnen oplossen.

Daarnaast is er het probleem dat er op dit moment binnen het RIKZ twee soorten schematisaties van het SCALWEST model bestaan. Het SCALWEST 1996 model dat binnen ECOMORF verder ontwikkeld is, past niet meer in de modellenreeks van RWS. Het RD III model bevat ook het SCALWEST model, deze sluit wel aan op de modellenreeks en bezit bovendien een recentere bodemligging (2000).

1.3 Doelstellingen

Fase 1:

Het afregelen van het bestaande SCALWEST model met metingen in het intergetijdengebied (met de bodem uit 1996).

Verbeter het SCALWEST model met de bodemligging van 1996 zodanig dat de stroomsnelheden van het model op het intergetijdengebied (de platen en de slikken) optimaal verbeterd wordt en in de geulen goed blijft.

- Het is de bedoeling om het intergetijdengebied globaal af te regelen, dat wil zeggen dat er gezocht wordt naar algemeen toepasbare regels die doorvertaald kunnen worden naar de 2^e fase. Er wordt niet per meetpunt afgeregeld (lokaal).
- Er wordt afgeregeld op de minimale afwijking ten opzichte van de meting over de tijd. Ook gekozen had kunnen worden om de maximale stroomsnelheden goed af te regelen. Na overleg met de opdrachtgever is besloten om voor het eerste te kiezen.

Fase 2:

Het bouwen en afregelen van het nieuwe SCALWEST model met de bodem uit 2000.

- Genereer uit het RD III model, het SCALWEST model met een bodemligging van 2000 en nieuwe randvoorwaarden.
- Gebruik de parameterwaarden gevonden voor het SCALWEST-1996 model om de reproductiekracht van het SCALWEST-2000 model op het intergetijdengebied (de platen en de slikken) optimaal te kunnen verbeteren en in de geulen goed te houden.

Hierbij wordt voor het intergetijdengebied in eerste instantie gestreefd naar een reproductiekracht die vergelijkbaar is met die in de geulen. De aanpak om te komen tot een verbeterd ruwheidsveld moet eenduidig zijn. Dat wil zeggen, er moeten algemeen toepasbare regels aan ten grondslag liggen zodat de parameters die gevonden worden voor 1996, doorvertaald kunnen worden naar de 2000 situatie (en andere situaties).

1.4 Methodiek

De methodiek om te komen tot een afgeregeld SCALWEST-2000 model is als volgt:

1.4.1 Fase 1: Het afregelen van het bestaande SCALWEST model met metingen in het intergetijdengebied (met de bodem uit 1996).

- a) Vergelijk alle intergetijdenmetingen met het SCALWEST-1996 model en het SCALWEST model met het aangepaste ruwheidsveld (Svašek & Alkyon, 2000). Op basis van deze vergelijking worden conclusies getrokken over de juistheid van het aangepaste ruwheidsveld. Dit betreft stroommetingen van de slikken (Zuidgors-West, Waarde-Oost, Zuidgors-Oost, Paulina en Bath-West) zoals reeds vergeleken in Svašek (1999) en van 2 platen (Molenplaat en Plaat van Baarland). Om te komen tot concrete aanpassingen is een tweeledige aanpak vereist: vanuit de theorie en vanuit de praktijk:
 - Eerst wordt gekeken hoe het ruwheidsveld verder verbeterd kan worden vanuit de praktijk, dus welke ruwheid moet heeft het model nodig om de metingen optimaal te kunnen benaderen?
 - Vervolgens wordt gekeken naar de theorie. Op basis van stroommetingen in de verticaal worden ruwheden berekend. Het doel hiervan is of de ruwheden zoals berekend uit de metingen en gevonden in het model veel verschillen. Met andere woorden: is de ruwheid in het model realistisch?
- b) Op basis van de voorgaande punten wordt de afwijking van het model ten opzichte van de meting geminimaliseerd. Dit is het afgeregeld SCALWEST model met de schematisatie uit 1996. Hierbij worden algemeen toepasbaar regels ontwikkeld die ook toepasbaar zijn voor het nieuwe SCALWEST-2000 model.
- c) Er moet een validatie plaatsvinden van het nieuwe model voor de waterstanden en de debieten. Dit zal gebeuren voor een gemiddeld getij en een storm. Gekeken wordt of de oorspronkelijke afregeling overeind blijft staan door het gebruik van het nieuwe ruwheidsveld.

1.4.2 Fase 2: Het bouwen en afregelen van het nieuwe SCALWEST model met de bodem uit 2000.

- d) In de 2^e fase van het onderzoek wordt uit het RD-III model het nieuwe SCALWEST-model afgeleid. Het rooster en de bodemgegevens worden rechtstreeks overgenomen uit het RD-III model.
- e) Allereerst zal een kort gevoeligheidsonderzoek uitgevoerd worden naar belangrijke parameters in het model zoals viscositeit, bodemruwheid, tijdstap, windformulering en ruwheidformulering.
- f) Daarna zal met de kennis van het gevoeligheidsonderzoek het SCALWEST-2000 model afgeregeld worden. Op basis van de conclusies van fase 1 wordt het ruwheidsveld voor het intergetijdengebied opgezet met de geomorfologische kaart uit 2000. Dit ruwheidsveld zal aangepast moeten worden omdat het model ten opzichte van het SCALWEST-1996 model is gewijzigd, bv. de resolutie van het model en het verschil in aansturing (groter zeegebied en andere zeerandvoorwaarden).
 Vervolgens wordt met ebhulp van de ruwheid van de hoofdgeulen het model zo goed mogelijk afgeregeld op waterstanden en debieten. Uiteindelijk is dit het SCALWEST-2000 model.

Punten a t/m c zijn de eerste fase uitgevoerd en zijn beschreven in onderliggend rapport.
 Punt d t/m f zijn in de tweede fase uitgevoerd.

1.5 Leeswijzer

Het rapport is als volgt opgebouwd: In hoofdstuk 2 worden achtergronden van het onderzoek beschreven. In hoofdstuk 3 wordt het SCALWEST-1996 model en het SCALWEST model met het aangepaste ruwheidsveld (Svašek & Alkyon, 2000) vergeleken met de stroomsnelheidsmetingen van het intergetijdengebied. Op basis van de resultaten wordt een voorstel tot het verbeteren van de reproductie in intergetijdengebieden gedaan in hoofdstuk 4. Tenslotte wordt het definitieve ruwheidsveld opgeleverd. Hoofdstuk 5 behandelt de validatie van het afgeregelde SCALWEST-model in het intergetijdengebied. Gekeken wordt of de oorspronkelijke afregeling nog geldig is met het nieuwe afgeregelde ruwheidsveld. In hoofdstuk 6 worden de conclusies en aanbevelingen gegeven.

Voor de leesbaarheid zal in het vervolg de volgende notatie aangehouden worden:

- SCALWEST 1996 - 1 (SW 1996-1) : Het oude SCALWEST model met de bodem van 1996 (bestaand); (Svašek, 1997)
- SCALWEST 1996 - 1a (SW 1996-1a) : Idem aan 1, behalve dat de ruwheid van het intergetijdengebied is gehalveerd. Dit is gedaan als eerste verbeteringslag van het ruwheidsveld (bestaand, zie Svašek & Alkyon, 2000);
- SCALWEST 1996 - 2 (SW 1996-2) : Idem aan 1, behalve dat er een eerste poging tot afregelen van het intergetijdengebied gedaan is door de ruwheid lokaal aan te passen op het intergetijdengebied op basis van de geomorfologische kaart (bestaand, zie Svašek & Alkyon, 2000);
- SCALWEST 1996 -3 (SW 1996-3): SCALWEST met bodem 1996 afgeregeld voor het intergetijdengebied (wordt in dit onderzoek ontwikkeld), doelstelling fase 1;
- SCALWEST 2000 -1 (SW 2000-1): Nieuw SCALWEST model op basis van RD-III model met bodem uit 2000 en afgeregeld op het intergetijdengebied (wordt in dit onderzoek ontwikkeld), doelstelling fase 2.

2 ANALYSE

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de achtergronden van het onderzoek beschreven. In paragraaf 2.2 wordt kort het SCALWEST-model beschreven. Paragraaf 2.3 beschrijft de hypothese van de waterbeweging in intergetijdengebieden zoals die in Svašek & Alkyon 2000 geformuleerd is. In paragraaf 2.4 worden de uitkomsten van eerder onderzoek beschreven.

2.2 Het SCALWEST-1996 model (SW 1996-1)

Het SCALWEST-1996 model (SW 1996-1) is een 2DH waterbewegingsmodel van de Westerschelde. Het is gebaseerd op WAQUA in SIMONA. Het model omvat de Westerschelde en de Zeeschelde (Zie figuur 2.1). Het model heeft een kromlijnij rooster. De bodemligging is bepaald uit gegevens van 1996.

De afregeling is gedaan op waterstanden en debieten. Hierbij is de Westerschelde opgedeeld in vakken en aan elk van deze vakken is een Manning-ruwheid toegekend zodanig dat de afwijking tussen model en waarnemingen van waterstanden en debieten geminimaliseerd werd. Hierbij is verder geen onderscheid gemaakt tussen hoofdgeulen en intergetijdengebieden of tussen geulparen, zie figuur 2.3a. Zie voor een verdere beschrijving van dit model Svašek (1997).

2.3 Hypothese waterbeweging in intergetijdengebieden

De volgende hypothese is opgesteld voor de waterbeweging in intergetijdengebieden (Svašek & Alkyon 2000). Dit is een procesgerelateerde omschrijving.

1. Kombergingsgebieden. Dit zijn gebieden die alleen een bergende functie hebben voor het water en geen stroomvoerende. Het gebied zal zich ten allen tijde willen vullen, de ruwheid is niet van groot belang. De waterbeweging wordt gestuurd door het kombergend vermogen van het gebied. Kombergingsgebieden in de Westerschelde zijn o.a. het Land van Saeftinge en hooggelegen schorren.
2. Slikken. Slikken zijn gebieden die langs een stroomvoerende (hoofd)geul liggen. Deze gebieden zijn in feite de 'uiterwaarden' van de geul. De snelheden op een slik zijn dan ook afhankelijk van het verhang in de geul. In hoeverre de stroming op het slik meestroomt met de hoofdstroom is afhankelijk van de ruwheid op het slik. Dit is ook gebleken in Svašek (1999) waarbij de ruwheid de enige parameter was om de snelheid op slikken te beïnvloeden.
3. Platen. Dit zijn gebieden omsloten door geulen, waarbij de stroming over de plaat gegenereerd wordt door het waterstandsverschil over de plaat. Dit waterstandsverschil wordt bepaald door de faseverschillen tussen de twee omliggende (hoofd)geulen.

Het verschil tussen een slik en een plaat is niet eenduidig. Zo zijn er bijvoorbeeld gedeeltes op platen waarbij de stroming in sterke mate bepaald wordt door alleen de hoofdgeul en dus volgens bovenstaande indeling in de categorie 'slik' moeten vallen.

De consequentie van deze hypothese voor de afregeling van het SCALWEST-model in het intergetijdengebied is dat er een oplopende mate van afregeling vereist is voor deze gebieden:

1. Voor kombergende gebieden is een globale afregeling voldoende. De waterbeweging wordt in sterke mate bepaald door de kombergingsgrafiek. Als de reproductie van de waterstand in de hoofdgeul direct grenzend aan het kombergingsgebied goed kan worden weergegeven (afgezien van fouten in de schematisatie) zou de reproductie van de waterbeweging in deze gebieden ook goed moeten zijn.
2. Bij slikken zijn naast de globale afregeling ook de weerstand op het slik en de bodemligging van belang voor de snelheden. Dit vereist dus een gedetailleerde afregeling van ruwheden op de slikken.
3. De waterbeweging op platen tenslotte vereist dat naast de globale afregeling en de gedetailleerde afregeling van ruwheden ter plaatse, ook de fases tussen de hoofdgeulen kloppen. Een klein faseverschil zou de snelheden over de plaat al kunnen beïnvloeden. Dit vereist dus een afregeling van de afzonderlijke geulen. Nu hebben geulparen nog dezelfde ruwheid. Bij deze afregeling zal iedere geul een afzonderlijke ruwheid moeten krijgen, zodanig dat de globale waterbeweging hetzelfde blijft (de waterstanden in de hoofdstations blijven hetzelfde), maar de waterbeweging in de afzonderlijke geulen verbeterd wordt. Voor deze afregeling is het noodzakelijk dat er voldoende en betrouwbare metingen (stroomsnelheden en debieten) beschikbaar zijn.

Deze indeling is hypothetisch en dient gevalideerd te worden. Hier wordt later in dit onderzoek op terug gekomen.

2.4 Eerder onderzoek

In Duiker (1998) werd onderzoek verricht naar de stroming op de Plaat van Baarland. Uit deze onderzoeken kwam naar voren dat de maximale vloedsnelheden met een factor 2 werden onderschat door het SCALWEST-model. Maximale ebsnelheden werden veel beter berekend.

In Svašek (1999) is een aantal stroommetingen op slikken (Zuidgors-West, Waarde-Oost, Zuidgors-Oost, Paulina en Bath-West) vergeleken met modeluitkomsten van SCALWEST. Uit deze analyse is gebleken dat in SCALWEST de eb- en vloedsnelheden te laag worden berekend met een factor 1.5 tot 2. In twee meetlocaties worden de snelheden wel goed berekend. Vloed- en ebdominantie en dood- en springtijcycli worden goed door het model weergegeven op de slikken. Ebsnelheden worden over het algemeen beter weergegeven dan vloedsnelheden. Tussen de richtingen zit vaak een groot verschil. Gezien het algemene stroombeeld wordt er getwijfeld aan de meetrichtingen.

Vervolgens is geprobeerd vast te stellen wat de belangrijkste parameter is die deze afwijking kan verklaren. De parameter die de meeste invloed had, was de bodemruwheid. Andere onderzochte parameters waren: bodemhoogte, viscositeit, droogval procedure en tijdstap. De invloed van deze parameters bleek ondergeschikt te zijn aan het effect van de bodemruwheid. Aanbevolen werd om met een plaatsafhankelijke ruwheid te rekenen.

In Svašek & Alkyon (2000) is het onderzoek voortgezet. Aan de hand van luchtfoto's uit juli 1996 is het intergetijdengebied van de Westerschelde (Vlissingen - grens) ingedeeld in geomorfologische eenheden (Meetkundige dienst, 1997). Dit is een weergave van de getijgedreven morfodynamica en is indirect een maat voor de stroomsnelheid. Aan de hand van deze indeling is per eenheid een ruwheid bepaald. Dit is gebeurd met behulp van een ruwheidsschatter (van Rijn, 1993). De ruwheidsschatter geeft een methode om de bodemruwheid af te schatten aan de hand van de korreldiameter en bedvorm. Zie voor een uitgebreide beschrijving van deze ruwheidsschatter bijlage A.

In figuur 2.3b is het ruwheidsveld weergegeven zoals berekend met de ruwheidsschatter (SCALWEST-2). Zie onderstaande tabel voor de ruwheden per eenheid:

Morf. Eenheid	Dynamiek	Beddingvorm	Afkorting		Manning
Plaat/slik (P)	Laag energetisch	Vlak	P1a1	Zand	0.020
			P1a2	Slibrijk zand	0.019
			P1a3	Slibrijk	0.017
	Hoog energetisch	Gegolfd	P2a		0.023
		Megaribbels	P2b1	2D	0.030
		Megaribbels	P2b2	3D	0.041
		Vlak	P2c		0.014
	Ruggen		P3		0.015
	Water		P4		0.026
Kreek			K		0.026
Hard substraat			H		0.028
Duin			D		0.013
Schor			S		0.043

Tabel 2.1: Ruwheid per geomorfologische eenheid (SW 1996-2)

Gebleken is dat de maximale stroomsnelheden reeds sterk veranderden door aanpassing van het ruwheidsveld (SW 1996-2) voor verschillende geomorfologische eenheden. Een controle of deze verandering ook een verbetering was moest nog plaatsvinden.

Verder is in Svašek en Alkyon (2000) een stroommeting op de Molenplaat (site 1) vergeleken met het SCALWEST-model. De Molenplaat is een plaat omsloten door twee hoofdgeulen, het Middelgat en het Gat van Ossenis. Gebleken is dat het model de vloodsnelheden redelijk goed kan reproduceren, maar de ebsnelheden worden te hoog berekend.

Ook is onderzoek gedaan naar de ruwheid per geulpaar, zoals in paragraaf 2.2 beschreven is. Hierbij is de Molenplaat opnieuw bekeken. Het Middelgat is 10% gladder gemaakt en het Gat van Ossenis is 10% ruwer gemaakt. Gebleken is dat dit nauwelijks effect heeft op de stroomsnelheid over de Molenplaat. De verhangen over de Molenplaat veranderden nauwelijks en dus de stroomsnelheden ook niet. Waarom er geen verschil te zien is, is onduidelijk en moet verder onderzocht worden. In hoofdstuk 4 zal hier verder naar gekeken worden.

3 VERGELIJKING SCALWEST-1 EN SCALWEST-2 MET INTERGETIJDOMETINGEN

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt het oude SCALWEST model (SW 1996-1) vergeleken met het SCALWEST model met het aangepaste ruwheidsveld in het intergetijdengebied op basis van de geomorfologische indeling (SW 1996-2), zoals dit in 2000 gemaakt is (Svašek & Alkyon, 2000). Op basis van de resultaten van dit hoofdstuk kan gezegd worden hoe goed het SCALWEST-2 model is en geeft ideeën over hoe het model verder verbeterd kan worden.

De indeling van dit hoofdstuk is als volgt: in paragraaf 3.3 worden de resultaten van beide berekeningen in relatie tot de metingen beschreven. In paragraaf 3.4 wordt de conclusie getrokken over hoe het verschil in eigenschappen van het ruwheidsveld doorwerkt in de modeluitkomsten en hoe goed het SCALWEST-2 model is.

3.2 Werkwijze

De volgende meetlocaties worden gebruikt:

1. Zuidgors-West: gemeten 23 sept t/m 8 okt 1996;
2. Waarde-Oost: gemeten 25 juni t/m 9 juli 1996;
3. Zuidgors-Oost: gemeten 9 sept t/m 23 sept 1996;
4. Paulina: gemeten 14 okt t/m 30 okt 1996;
5. Bath-West: gemeten 10 juni t/m 20 mei 1996;
6. Molenplaat; gemeten 3 t/m 7 juni 1996 (site 1), 7 t/m 14 juni 1997 (site 2) en 2 september t/m 12 september (site 3);
7. Plaat van Baarland, gebruikte meetperiode: 23 juli 1997 (punt Q) en 8 juli 1997 (punt R).

De ligging van de verschillende meetlocaties is aangegeven in figuur 3.1.

De eerste 5 meetlocaties zijn gedefinieerd op slikken (Koster Engineering, 1997). Het doel van deze meetcampagne was om inzicht in de maatgevende processen te verwerven die mogelijk ten grondslag liggen aan de erosie van slikken en schorren (Witteveen + Bos, 1998). Daarbij zijn stroomsnelheden, -richtingen, waterstanden, golven en wind gedurende 14 dagen gemeten. Per locatie is in twee dwarsraaien gemeten. Per dwarsraai zijn op 2 of 3 punten gemeten. De stroommetingen zijn uitgevoerd met elektromagnetische stroomsnelheidsmeters. De bodemligging van de raaien is opgemeten aan de hand van waterpassingen.

Op de Molenplaat is op 3 sites gemeten, site 1, 3 en 4. Deze meetpunten zijn elk tijdens een andere periode gemeten.

Op de Plaat van Baarland is een uitgebreide meetcampagne gehouden. Hier zijn stroomsnelheden op drie punten gemeten: Punt P, Q en R. Punt P is onbetrouwbaar gebleken en wordt verder niet meegenomen in dit onderzoek. Er is op verschillende meethoogtes in de stroomverticaal gemeten. Ook de onderste meting in de verticaal is onbetrouwbaar en wordt niet verder meegenomen in de beschouwing.

In figuur 3.2 t/m 3.8 zijn per meetlocatie de verschillende meetpunten, de hoogteligging in het model, de geomorfologische eenheden en de Manning waarden in het model aangegeven.

De eerste 5 meetlocaties zijn reeds vergeleken met het SCALWEST-1 model (Svašek, 1999). Van de Molenplaat is al 1 site vergeleken met SCALWEST-1 en SCALWEST-2 (Svašek & Alkyon, 2000). De metingen van de Plaat van Baarland zijn in het verleden vergeleken met het SCALWEST-1 model door Duiker (1998).

Bij de interpretatie van de meetresultaten moet rekening gehouden worden met een aantal onnauwkeurigheden die de resultaten kunnen beïnvloeden:

- Onnauwkeurigheid in de meetresultaten;
- Er wordt gerekend met een 2DH model. Dat betekent dat er dieptegemiddelde stroomsnelheden berekend worden. De metingen zijn uitgevoerd op een vaste hoogte boven de bodem. Het is de vraag echter of de aanname van een logaritmisch snelheidsprofiel gerechtvaardigd is op intergetijdengebieden. Deze vraag is nog niet beantwoord, daarom is gekozen om het model met de dieptegemiddelde snelheden af te regelen op de metingen op een vaste verticale hoogte. Daarbij komt dat de gevonden afwijkingen tussen model en meting meestal zo groot zijn dat het nog geen zin heeft om hier rekening mee te houden.
- Er moet rekening gehouden worden met de grofheid van het SCALWEST-rooster. Kleine locale oneffenheden in de bodemgeometrie, zoals (mega)ribbels en krekken kunnen niet meegenomen worden in het model.

Omdat inmiddels met een nieuwere WAQUA versie gerekend wordt dan in de voorgaande onderzoeken, zullen alle berekeningen met SCALWEST-1 die reeds gedaan waren opnieuw gedraaid worden, om een zo goed mogelijke vergelijking te kunnen maken. Het is namelijk bekend dat er tussen verschillende WAQUA versies soms kleine verschillen kunnen voorkomen.

De bodem van het SCALWEST-model is op de meetlocaties aangepast aan hoogtemetingen (zie voor een gedetailleerde beschrijving Svašek, 1999). De bodemligging is namelijk van groot belang voor de berekening van de stroomsnelheden.

In de figuren 3.9 t/m 3.36 staan de uitkomsten van de berekeningen met de metingen per punt. Hierbij worden alleen de absolute snelheden geanalyseerd. In de figuren zijn de tijdreeksen opgenomen van de 2 berekeningen en de metingen. Ook zijn de volgende zaken aangegeven in de figuren:

- Geomorfologische eenheid van dat punt. De eenheid is bepaald door te kijken hoe de werkelijke meetcoördinaat in de geomorfologische kaart ligt (dit is een rechthoekig 20x20 m rooster);
- De SW 1996-1 en SW 1996-2 Manning waarde van het punt in het rekenrooster van SCALWEST. De ruwheid van het SW 1996-2 model is als volgt bepaald: Aan de geomorfologische kaart (rechthoekig 20x20m rooster) is een ruwheid toegekend volgens tabel 2.1. Vervolgens is dit geïnterpoleerd naar het SCALWEST-rooster. Omdat het SCALWEST-rooster grover is dan het rechthoekige 20x20 m rooster is de waarde een representatieve waarde voor alle geomorfologische eenheden die zich binnen de gridcel bevinden.

- Het gemiddeld verschil van de berekeningen met de meting; Een positief verschil betekent dat de stroomsnelheden berekend met het model gemiddeld gezien te klein zijn, een negatief verschil betekent dus dat het model de metingen overschat.
- Gemiddelde verbetering van het punt met het nieuwe ruwheidsveld ten opzichte van de meting;
- RMS waarden van het verschil;
- Standaarddeviatie van het verschil;
- Aantal punten waarop de statistische analyse is bepaald (hoeveelheid metingen).

De eerste vier punten worden in paragraaf 3.3 herhaald in tabelvorm. Een uitgebreide tabel met alle resultaten (dus ook de rms, standaarddeviaties en aantallen) is gepresenteerd in bijlage B1. In Tabel B2 zijn tabellen gepresenteerd met de maximale eb- en vloed-snelheden tijdens de gehele periode en dood- en springtij voor zowel SW 1996-1, SW 1996-2 als de meting.

3.3 Resultaten SCALWEST-1 en SCALWEST-2 met intergetijdenmetingen

3.3.1 Zuidgors West

De resultaten van de meetlocatie Zuidgors-west zijn te vinden in de figuren 3.9 t/m 3.13 en in tabel 3.1. In figuur 3.2 zijn de kenmerken van het gebied weergegeven.

Drie van de vijf meetpunten bevinden zich op de geomorfologische eenheid 'Plaat/Slik, laag slib'. Twee meetpunten bevinden zich op de eenheid 'Plaat/Slik, laag zand'. De ruwheid van dit gebied is sterk verlaagd, zoals ook in figuur 3.2 te zien is. Meetpunt 5 ligt volgens de geomorfologische kaart vlakbij of in de hoofdgeul. Hierdoor heeft het punt in het rooster ook geen ruwheidsaanpassing gekregen.

Punten die verbeteren

De meetpunten 2 en 5 die zich op de geomorfologische eenheid 'Plaat/Slik, laag zand' bevinden verbeteren sterk. Bij meetpunt 2 worden de stroomsnelheden worden nog altijd wel onderschat ten opzichte van de meting. Meetpunt 5 verbetert, maar de resultaten waren met het SW 1996-1-model al redelijk goed. Meetpunt 3 verbetert gemiddeld gezien sterk, maar ook hier geldt dat de snelheden al redelijk goed door het SW 1996-1 model konden worden gereproduceerd. Soms worden de vloodsnelheden overschat. Meetpunt 1 verbetert ook door het gebruik van het SW 1996-2-model.

Punten die verslechteren

Meetpunt 4 verslechtert doordat de snelheden met SW 1996-1 al goed gereproduceerd werden.

Opvallend is dat in de raai met meetpunt 3, 4 en 5 het SW 1996-1 model redelijke resultaten laat zien terwijl in de raai met meetpunt 1 en 2 het SW 1996-1 model ver onder de meting blijft. Ook opvallend is dat de meetsnelheden bij meetpunt 1 en 2 een stuk hoger liggen dan de andere meetpunten. Ook tussen meetpunt 1 en 2 is er al een groot verschil. Meetpunt 2 laat tijdens springtij maximale snelheden zien van tegen de 1,5 m/s, terwijl meetpunt 1 net boven de 0,8 m/s uitkomt. Voor het model lijkt er weinig aanleiding de stroomsnelheid tussen al deze punten zo drastisch te wijzigen. In werkelijkheid kan dit natuurlijk wel door de locale bodemgeometrie, zoals ribbels en kleine geultjes die niet binnen het rooster gevat kunnen worden.

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1 (m)	Gem. versch. SW 1996-2 (m)	Gem. verbetering (%)
Zuidgors West	1	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.13	0.10	25
Zuidgors West	2	Pl/sl, laag zand	0.026	0.017	0.17	0.09	50
Zuidgors West	3	Pl/sl, laag slib	0.026	0.018	0.09	0.03	69
Zuidgors West	4	Pl/sl, laag slib	0.026	0.02	0.03	-0.07	-151
Zuidgors West	5	Pl/sl, laag zand	0.026	0.026	0.06	0.01	78

Tabel 3.1: Zuidgors West, resultaten SW 1996-1 en SW 1996-2 vergeleken met metingen

3.3.2 Waarde Oost

In de figuren 3.14 t/m 3.18 zijn de resultaten van de meetlocatie Waarde-Oost te zien, alsmede in tabel 3.2. In figuur 3.3 is een overzicht gegeven van alle kenmerken van dit gebied. Meetpunt 4 en 5 bevinden zich op de geomorfologische eenheid 'Hard substraat'. Meetpunt 2 ligt langs de Zimmermangeul en heeft als geomorfologische eenheid Plaat/slik, hoog vlak. Meetpunt 1 heeft als eenheid 'Plaat/Slik, laag slib' en meetpunt 3 heeft 'Plaat/slik, laag slib'. De ruwheid op meetpunt 1 wordt sterk verlaagd. De ruwheid van de 'hard substraat' punten neemt iets toe, zoals blijkt uit tabel 3.2. Meetpunt 3 ligt vlakbij het schor, daardoor neemt de ruwheid van dit punt iets toe.

Punten die verbeteren

Meetpunt 1 verbetert sterk. De lagere ruwheid is duidelijk een verbetering. Meetpunt 2 verbetert iets tijdens eb. Mogelijk is de nabijheid van het gladde slik hier de oorzaak van. De snelheden worden nog altijd veel te laag berekend door het model. Een mogelijke oorzaak is de schematisatie van de Zimmermangeul in het model; doordat de Zimmermangeul maar met een paar gridcellen in de breedte en dwars door het rooster loopt is de doorstroming van de geul waarschijnlijk onvoldoende. Meetpunt 2 ligt aan deze geul. Een aanpassing van de ruwheid hier om de snelheden te verbeteren is moeilijk omdat dit een zeer gevarieerd gebied voor wat betreft de geomorfologische kartering.

Punten die gelijk blijven

De snelheden van punt 4 en 5 veranderen nauwelijks, omdat de ruwheid nauwelijks veranderd is. Punt 4 berekende al goede snelheden. Meetpunt 5 berekent nog steeds te lage snelheden tijdens eb, tijdens vloed zijn er geen metingen beschikbaar. Punt 3 staat droog in het model en kan dus niet geanalyseerd worden.

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1 (m)	Gem. versch. SW 1996-2 (m)	Gem. verbetering (%)
Waarde Oost	1	PI/sl, laag slib	0.0252	0.017	0.12	0.03	78
Waarde Oost	2	PI/sl, hoog vlak	0.0252	0.025	0.24	0.21	12
Waarde Oost	3	PI/sl, laag slib/za	0.0265	0.027	-	-	-
Waarde Oost	4	Hard substraat	0.0265	0.028	-0.03	-0.04	-13
Waarde Oost	5	Hard substraat	0.0265	0.028	0.09	0.09	-1

Tabel 3.2: Waarde Oost, resultaten SW 1996-1 en SW 1996-2 vergeleken met metingen

3.3.3 Zuidgors Oost

De uitkomsten van Zuidgors-Oost zijn te zien in figuur 3.19 t/m 3.21 en in onderstaande tabel. Een overzicht van de kenmerken van deze locatie is te vinden in figuur 3.4. De drie punten hebben als geomorfologische eenheid 'plaat/slik, laag slib'. De ruwheid van deze eenheid wordt in SW 1996-2 sterk verlaagd.

Punten die verbeteren

Alle meetpunten verbeteren. De ruwheidsverlaging heeft duidelijk een positief effect op de modelresultaten. De stroomsnelheden worden wel nog steeds onderschat door het model, dit is voornamelijk bij vloedssnelheden tijdens springtij het geval. Ebsnelheden worden beter berekend. Tijdens doottijd worden zowel eb- als vloedssnelheden goed berekend.

Meetpunt 3 zit dichtbij de rand van het schor. Hierdoor staat het bijna altijd droog. De maximale stroomsnelheden van het model kunnen instabiliteiten zijn van het onderlopen en droogvallen van het roosterpunt. Het soort gebieden als mp3 van de Zuidgors oost hebben een minimale waterdiepte nodig om instabiliteiten te voorkomen. Dit soort resultaten moeten dus niet gebruikt worden als toeleverende resultaten voor ecologische toepassingen.

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1 (m)	Gem. versch. SW 1996-2 (m)	Gem. verbetering (%)
Zuidgors Oost	3	PI/sl, laag slib	0.026	0.017	0.09	0.07	19
Zuidgors Oost	4	PI/sl, laag slib	0.026	0.017	0.11	0.03	75
Zuidgors Oost	5	PI/sl, laag slib	0.026	0.017	0.15	0.07	55

Tabel 3.3: Zuidgors Oost, resultaten SW 1996-1 en SW 1996-2 vergeleken met metingen

3.3.4 Paulinapolder

In figuur 3.22 t/m 3.26 zijn de resultaten te zien van de meetlocatie Paulinapolder. In tabel 3.4 zijn de uitkomsten samengevat. Figuur 3.5 geeft een overzicht van de kenmerken van de Paulinapolder. Drie van de vijf meetpunten bevinden zich op de geomorfologisch eenheid 'Plaat/Slik, laag slib'. Meetpunt 5 bevindt zich op de eenheid 'Plaat/slik, laag slib/zand'. Meetpunt 3 bevindt zich volgens de geomorfologische kaart op het schor. Echter het is bekend dat dit meetpunt zich op het slik bevindt. Er zit dus een fout in de geomorfologische kaart.

De punten die zich op het slik bevinden zijn sterk verglad in SW 1996-2. In figuur 3.5 is te zien dat er ten westen van de meetlocatie een strekdam bevindt die niet in het SCALWEST-model gemodelleerd is. Waarschijnlijk heeft dit een grote invloed op de stroomsnelheden op de meetlocatie. Bij de interpretatie van de resultaten moet hier rekening mee gehouden worden.

Punten die verbeteren

Op basis van de figuren kan geconcludeerd worden dat punt 2 en 4 verbeteren. De verminderde ruwheid heeft een duidelijk positief effect op de resultaten.

Punten die verslechteren

Punt 1 verslechtert gemiddeld gezien. De maxima worden beter benaderd. Gemiddeld gezien werd de stroomsnelheid al te hoog berekend door het model, dus de ruwheidsverlaging en de snelheidsverhoging hebben dus voor dit punt een negatief effect. Punt 5 verslechtert over het algemeen. Uit figuur 3.26 blijkt dat de vloodsnelheden verslechteren en dat de ebsnelheden verbeteren. Punt 5 ligt vlakbij de strekdam die niet in het SCALWEST-model gemodelleerd is.

Punten die gelijk blijven

Punt 3 ligt hoog op het schor en staat vrijwel altijd droog in het model.

Omdat de ligging van de strekdam van de westelijke strekdam niet in het model zit kunnen de punten 3 t/m 5 afwijkingen vertonen.

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1 (m)	Gem. versch. SW 1996-2 (m)	Gem. verbetering (%)
Paulina polder	1	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.01	-0.05	-581
Paulina polder	2	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.08	0.02	70
Paulina polder	3	Schor	0.026	0.043	0.09	0.11	-21
Paulina polder	4	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.04	0.02	45
Paulina polder	5	Pl/sl, laag slib/ za	0.026	0.018	0.03	-0.05	-117

Tabel 3.4: Paulinapolder, resultaten SW 1996-1 en SW 1996-2 vergeleken met metingen

3.3.5 Bath West

De resultaten van Bath-West zijn te zien in de figuren 3.27 t/m 3.31, alsmede in tabel 3.5. De eigenschappen van deze locatie zijn te zien in figuur 3.6. De geomorfologische eenheden van de meetpunten verschilt nogal. De eenheid van meetpunt 1 en 3 is 'Plaat/slik, laag slib', meetpunt 2 is 'Plaat/slik, laag slib/zand', meetpunt 4 ligt op 'Plaat/slik, laag zand' en meetpunt 5 heeft als eenheid 'Plaat/slik, hoog vlak'. Voor wat de ruwheid betreft betekent dit dat de ruwheid voor alle punten verlaagd wordt, behalve voor meetpunt 2. De ruwheid van dit punt wordt iets verhoogd vanwege de aanwezigheid van 'hard substraat', zie figuur 3.6.

Punten die verbeteren

Alleen punt 5 verbetert sterk (67%) en dan met name de vloedsnelheden. De maximale ebsnelheden worden nog steeds te laag berekend. Gemiddeld gezien is de ruwheid iets te glad voor dit punt, omdat de gemiddelde afwijking negatief wordt. Punt 4 laat tijdens eb een sterke verbetering zien. De vloedsnelheden veranderen niet. Meetpunt 4 en 5 kunnen tijdens vloed beïnvloed worden door de uitstroom van de Zimmermangeul. In de meetdata van punt 2 zit een discontinuïteit. Hierdoor is er vanaf 18 juni 1996 een faseverschil te zien tussen het model en de meting. Het punt verbetert tijdens eb, tijdens vloed is er geen verschil merkbaar.

Punten die verslechteren

Punt 1 wordt over het algemeen genomen slechter, maar de maxima worden wel beter berekend. De gemiddelde afwijking was al laag. Doordat de ruwheid verder verlaagd wordt en de snelheden daardoor toenemen wordt het gemiddelde verschil groter.

Punten die gelijk blijven

Punt 3 verandert nauwelijks met het aangepaste ruwheidsveld. Het punt ligt vlakbij het schor dat zeer ruw gemodelleerd is. Dit zal de stroomsnelheid sterk remmen.

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1 (m)	Gem. versch. SW 1996-2 (m)	Gem. verbetering (%)
Bath West	1	Pl/sl, laag slib	0.0252	0.017	0.02	-0.04	-141
Bath West	2	Pl/sl, laag slib/za	0.0252	0.028	0.18	0.17	5
Bath West	3	Pl/sl, laag slib	0.0252	0.017	0.14	0.14	-1
Bath West	4	Pl/sl, laag zand	0.0252	0.02	0.15	0.12	24
Bath West	5	Pl/sl, hoog vlak	0.0252	0.014	0.06	-0.02	67

Tabel 3.5: Bath West, resultaten SW 1996-1 en SW 1996-2 vergeleken met metingen

3.3.6 Molenplaat

In de figuren 3.32 t/m 3.34 zijn de uitkomsten te zien van de Molenplaat. In tabel 3.6 zijn de resultaten samengevat. In figuur 3.7 zijn de kenmerken van de omgeving van de Molenplaat te zien. De geomorfologische eenheid van site 1 is 'Plaat/slik, laag slib/zand' en van site 3 is 'Plaat/slik, laag slib', site 4 valt in de categorie 'Plaat/slik, laag zand'. De ruwheid van de drie punten wordt verlaagd.

Punten die verbeteren

Site 3 en 4 verbeteren. Site 3 verbetert 36% en Site 4 verbetert 88%. De verlaging van de ruwheid heeft een duidelijk positief effect op het resultaat van deze punten. De snelheden van Site 3 worden nog altijd wel onderschat, de snelheden van Site 4 worden met het SW 1996-2 model nu redelijk goed berekend.

Punten die verslechteren

Site 1 verslechtert iets door het gebruik van het nieuwe ruwheidsveld. Dit was ook al gevonden in Svašek & Alkyon (2000). De snelheden nemen toe door de vergladding van de ruwheid, maar de snelheden werden al overschat door het SW 1996-1-model. Dit is het enige punt waar een duidelijke overschatting van de stroomsnelheden plaatsvindt door het model. Opvallend is dat de meting ebdominant is en het model vloeddominant. Ook kentert het model te vroeg ten opzichte van de meting. Dit alles zou te maken kunnen hebben met de aangrenzende geul die maar met een paar gridcellen geschematiseerd is in het model.

Locatie	Site	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1 (m)	Gem. versch. SW 1996-2 (m)	Gem. verbetering (%)
Molen plaat	1	Pl/sl, laag slib/zand	0.024	0.019	-0.05	-0.06	-11
Molen plaat	3	Pl/sl, laag slib	0.024	0.0174	0.20	0.13	36
Molen plaat	4	Pl/sl, laag zand	0.024	0.02	0.11	0,01	88

Tabel 3.6: Molenplaat, resultaten SW 1996-1 en SW 1996-2 vergeleken met metingen

3.3.7 Baarland

De resultaten van de Plaat van Baarland zijn te zien in figuur 3.35, 3.36 en in tabel 3.7. Figuur 3.8 laat de kenmerken zien van de Plaat van Baarland. Meetpunt P wordt in dit onderzoek niet meegenomen omdat deze onbetrouwbaar is. Meetpunt Q valt in de categorie 'Plaat/slik, laag slib' en meetpunt R in de categorie 'Plaat/slik, laag slib/zand'. De ruwheid van punt Q neemt sterk af doordat het roosterpunt zich volledig op het slik bevindt. De ruwheid van punt R neemt iets af omdat ook 'hard substraat' voorkomt in het roosterpunt. De ruwheid van het roosterpunt is namelijk een gemiddelde van de ruwheden van alle geomorfologische eenheden binnen het roosterpunt.

Punten die verbeteren

In de figuren is te zien dat beide punten ongeveer even sterk verbeteren (30%). Met name de maxima in de vloodsnelheden worden nog steeds te laag gereproduceerd door het SW 1996-2-model. Punt R verbetert even sterk als punt Q, ondanks dat de ruwheid van het punt bijna niet veranderd is, omdat de omgeving van punt R glad is.

Het Boerengat is de geul achter de plaat van Baarland langs. Deze geul is maar met 1 of 2 gridcellen in de breedte geschematiseerd. Hierdoor kan de geul onvoldoende doorstromen in het model. Dit verklaart mogelijk de afwijkingen van de punten.

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1 (m)	Gem. versch. SW 1996-2 (m)	Gem. verbetering (%)
Baarland	Q	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.27	0.18	31
Baarland	R	Pl/sl, laag slib/zand	0.026	0.024	0.12	0.09	30

Tabel 3.7: Baarland, resultaten SW 1996-1 en SW 1996-2 vergeleken met metingen

De locaties Zuidgors-west, Zuidgors-oost en Baarland liggen naast elkaar van west naar oost. Vanaf mp1 en mp2 van Zuidgors-west naar het oosten toe lijkt in de vloodsnelheid een consistente fout in het model voor te komen. Het model voorspelt hier de snelheden systematisch te laag.

3.4 Vergelijking maximale snelheden tussen SCALWEST 1996-1 en SCALWEST 1996-2

In Bijlage B2 zijn de maximale eb- en vloodsnelheden gepresenteerd. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de gehele periode, dood- en springtij. Ook is tussen eb en vloed onderscheid gemaakt. De vergelijking is alleen uitgevoerd voor de meetpunten waar een lange meetperiode van aanwezig is, zodat ook de verschillen tussen springtij en doottij gepresenteerd kunnen worden. Dit betreft de metingen op de slikken. De resultaten van de Molenplaat en de Plaat van Baarland zijn dus niet geanalyseerd.

De resultaten laten zien dat berekening SW 1996-2 de meting over het algemeen beter reproduceert dan SW 1996-1. De meetlocatie Paulina is hierop een uitzondering. Hier presteert SW 1996-2 meestal slechter dan SW 1996-1. De resultaten zijn consistent met de eerder gevonden resultaten uit paragraaf 3.3.

De verbeteringen tijdens doottij zijn relatief beter dan tijdens springtij maar absoluut kleiner dan tijdens springtij. De absolute verschillen in stroomsnelheden worden dus tijdens springtij kleiner.

Zowel tijdens springtij als tijdens doottij zijn de verbeteringen bij Zuidgors-oost en Zuidgors-west tijdens vloed groter dan tijdens eb. Voor Bath-west geldt het omgekeerde.

3.5 Conclusie

Door te rekenen met het aangepaste ruwheidsveld in het intergetijdengebied (SW 1996-2) vindt er over het algemeen een verbetering plaats van de reproductiekracht van het SCALWEST-model. Voor de meeste punten geldt dat de ruwheid verlaagd wordt en dat

de stroomsnelheden hierdoor toenemen. Van de 28 punten verbeteren 18 punten (64%), vier punten veranderen niet (14%) en 6 punten verslechteren (21%). Van de 28 punten vallen de meeste punten in de geomorfologische eenheid "Plaat/slik, laag slib". Van deze punten verbeteren 10 van de 14 punten, dat is 71 %. Desalniettemin geeft het SCALWEST-model met het aangepaste ruwheidsveld (SW 1996-2) over het algemeen de snelheden voor deze eenheid nog te laag weer. Meestal worden de snelheden tijdens vloed sterk onderschat, tijdens eb laat het model een redelijke prestatie zien. Vaak zijn tijdens vloed en springtij de afwijkingen het grootst.

4 VERBETEREN VAN HET RUWHEIDSVELD VOOR HET INTERGETIJDEGEBIED

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt bekeken hoe het ruwheidsveld kan worden aangepast zodanig dat de reproductiekracht geoptimaliseerd wordt. Dit resulteert in het SCALWEST-3 model (SW 1996-3): Het afgeregelde SCALWEST-model voor het intergetijdengebied met de bodem uit 1996.

De volgende aanpak is gekozen:

- Volgens de hypothese van §2.3 kan de ruwheid per geul belangrijk zijn voor snelheden over platen. Dit is reeds bekeken in Svašek & Alkyon (2000) voor de Molenplaat. In paragraaf 4.2 zal dit bekeken worden voor de Middelpaat. Uiteindelijk zal geconcludeerd worden hoe belangrijk het is om de ruwheid per geuldeel te verbeteren en of het nodig is om hier verder aandacht aan te besteden tijdens het afregelen.
- In paragraaf 4.3 wordt gekeken hoe het ruwheidsveld aangepast moet worden om de stroommetingen beter te reproduceren.
- Vervolgens worden in paragraaf 4.4 ruwheden berekend op basis van beschikbare log-snelheidsprofielen van de metingen en vergeleken met het aangepaste ruwheidsveld.
- Tenslotte wordt het definitief ruwheidsveld opgeleverd op basis van de vorige resultaten (§4.5).

4.2 Ruwheid per geul aanpassen

De bodemruwheid is verantwoordelijk voor de snelheid waarmee de getijgolf door het model loopt. De Westerschelde is hiertoe ingedeeld in vakken die elk een bepaalde ruwheid gekregen hebben, zodanig dat de waterstand in de diverse stations goed voorspeld worden, zie figuur 2.3a. Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen evenwijdige geulen. De ruwheid van individuele geulen kan mogelijk anders zijn van de ruwheid van het vak waarin het ligt, als de totale bodemwrijving van het vak maar hetzelfde blijft. Als aan een hoofd- en nevengeul verschillende ruwheden worden toegekend dan plant de getijgolf zich verschillend voort door deze geulen. Het gevolg is dat het verhang over een plaat gelegen tussen deze twee geulen anders wordt en dat dus de stroomsnelheden over deze plaat ook veranderen. Zie §2.3 voor een uitgebreide beschrijving van deze hypothese.

In Svašek & Alkyon (2000) is reeds gekeken naar het effect van een verschillende ruwheid tussen een geulpaar. Het Middelpaat is 10% verglad en het Gat van Ossensisse is 10% verruwd. De snelheden op de Molenplaat, die gelegen is tussen deze twee geulen, veranderde nauwelijks door deze ruwheidsaanpassing.

In dit onderzoek wordt opnieuw gekeken naar dit fenomeen. Hierbij wordt gekeken naar Middelpaat, tussen de Pas van Terneuzen en de Everingen omdat dit een duidelijk gedefinieerd twee-geulen systeem is met een plaat in het midden. In Svašek (2000) werd reeds geconstateerd dat de Everingen meer water trekt in het model dan de meting en dat de Pas van Terneuzen minder water trekt dan de meting. Dit scheelt in beide

gevallen ongeveer 7%. De Everingen is dan ook verruwd met 7% en de Pas van Terneuzen is verglad met 7%.

In figuur 4.1a staan de verschillen in snelheid van deze berekening ten opzichte van SW 1996-1 voor zowel de maximale eb- als vloedstroming. In de Pas van Terneuzen zijn de snelheden groter, in de Everingen kleiner. Uit de figuur blijkt dat de verschillen in de orde liggen van 2 tot 3 cm/s. De verschillen in de geulen zijn het grootst. Op de Middelpaat zijn de verschillen nog kleiner. De debieten door de geulen zijn:

Raai	Getijfase	SW 1996-1 (Mm ³)	Aangepast (Mm ³)	Vershil (%)
Pas v. Terneuzen	Vloed	203	212	4.3
Pas v. Terneuzen	Eb	269	276	2.6
Everingen	Vloed	344	330	-2.1
Everingen	Eb	310	304	-1.9
Totaal	Vloed	546	546	0.1
Totaal	Eb	576	576	0.1

Tabel 4.1: Verschillen in debieten met 7% ruwheidsaanpassing in de geulen

Omdat de verschillen in debieten nog niet 7% zijn is nog een berekening gedaan met een ruwheidsaanpassing van 14%. De verschillen in snelheid staan in figuur 4.2b. De debieten door de geulen zijn in dit geval:

Raai	Getijfase	SW 1996-1 (Mm ³)	Aangepast (Mm ³)	Vershil (%)
Pas v. Terneuzen	Vloed	204	219	7.7
Pas v. Terneuzen	Eb	269	281	4.4
Everingen	Vloed	344	329	-4.3
Everingen	Eb	310	300	-3.4
Totaal	Vloed	546	546	0.0
Totaal	Eb	576	576	0.0

Tabel 4.2: Verschillen in debieten met 14% ruwheidsaanpassing in de geulen

Het verschil in de debieten komt nu redelijk overeen met het geconstateerde verschil. Het verschil in snelheid is iets groter dan bij de 7% ruwheidsaanpassing en vooral merkbaar in de hoofdgeulen. Het verschil is ongeveer 5 cm/s. Ook in de nevengeulen is het verschil merkbaar. Over de Middelpaat is nauwelijks verschil te zien.

Geconcludeerd kan worden dat de een verschillende ruwheid per geuldeel te weinig invloed heeft op de door het model berekende snelheden op platen in het midden van de Westerschelde om de afwijking tussen de metingen en modelresultaten te kunnen verklaren. Voor nevengeulen tussen hoofdgeulen geldt dit sterker, maar de geconstateerde verschillen zijn te klein om vooralsnog uitgebreid aandacht aan te besteden tijdens de afregeling. De locale ruwheid is de enige parameter om het intergetijdengebied mee af te regelen. Aan het derde punt van de hypothese uiteengezet in paragraaf 2.3 wordt in dit rapport verder geen aandacht besteed.

4.3 Verbeteren ruwheidsveld vanuit praktijk

In deze paragraaf zal per geomorfologische eenheid gekeken worden hoe de ruwheid aangepast moet worden.

Plaat slik, laag slib

De eenheid Plaat slik, laag(-energetisch) slib wordt gekenmerkt door een lage ruwheid, met een beddingsvorm van zeer kleine ribbels.

Het algemene beeld is dat de snelheden voor deze eenheid na aanpassing van de bodemruwheid nog steeds te laag berekend worden ten opzichte van de metingen.

De resultaten van de punten die verbeteren met de geomorfologische eenheid Plaat/slik, laag zand zijn:

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1 (m)	Gem. versch. SW 1996-2 (m)	Gem. verbetering (%)
Zuidgors West	1	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.13	0.10	25
Zuidgors West	3	Pl/sl, laag slib	0.026	0.018	0.09	0.03	69
Zuidgors West	4	Pl/sl, laag slib	0.026	0.02	0.03	-0.07	-151
Waarde Oost	1	Pl/sl, laag slib	0.0252	0.017	0.12	0.03	78
Zuidgors Oost	3	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.09	0.07	19
Zuidgors Oost	4	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.11	0.03	75
Zuidgors Oost	5	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.15	0.07	55
Paulina polder	1	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.01	-0.05	-581
Paulina polder	2	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.08	0.02	70
Paulina polder	4	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.04	0.02	45
Bath West	1	Pl/sl, laag slib	0.0252	0.017	0.02	-0.04	-141
Bath West	3	Pl/sl, laag slib	0.0252	0.017	0.14	0.14	-1
Molen plaat	3	Pl/sl, laag slib	0.024	0.0174	0.20	0.13	36
Baar land	Q	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.27	0.18	31

Tabel 4.3: Plaat/slik, laag slib

Als een eerste schatting voor een nieuwe waarde is een Manning waarde van $0.010 \text{ m}^{-1/3}$ gebruikt. Dit getal moet als ondergrens voor de ruwheid worden beschouwd.

Plaat/slik, laag zand

De eenheid Plaat slik, laag(-energetisch) zand wordt gekenmerkt door een lage ruwheid, met een beddingsvorm van kleine ribbels.

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1 (m)	Gem. versch. SW 1996-2 (m)	Gem. verbetering (%)
Zuidgors West	2	Pl/sl, laag zand	0.026	0.017	0.17	0.09	50
Zuidgors West	5	Pl/sl, laag zand	0.026	0.026	0.06	0.01	78
Bath West	4	Pl/sl, laag zand	0.0252	0.02	0.15	0.12	24
Molen plaat	4	Pl/sl, laag zand	0.024	0.02	0.11	0,01	88

Tabel 4.4: Plaat/slik, laag zand

Alle punten verbeteren. De punten Zuidgors-West mp5, Bath-west mp4 en de Molenplaat berekenen de snelheden redelijk goed in het SW 1996-2 model. Alleen in Zuidgors-West mp 2 geeft het model nog te lage snelheden ten opzichte van de meting. Op basis van de 3 goede punten is besloten om de ruwheid niet verder aan te passen.

Plaat/slik, hoog vlak

De eenheid Plaat slik, hoog(-energetisch) vlak wordt gekenmerkt door een vlakke bodem en een zeer lage ruwheid (0,014), met een hoge stroomsnelheid.

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1 (m)	Gem. versch. SW 1996-2 (m)	Gem. verbetering (%)
Waarde Oost	2	Pl/sl, hoog vlak	0.0252	0.025	0.24	0.21	12
Bath West	5	Pl/sl, hoog vlak	0.0252	0.014	0.06	-0.02	67

Tabel 4.5: Plaat/slik, hoog vlak

De ruwheid van deze geomorfologische eenheid lijkt te hoog te zijn alhoewel de ruwheid reeds een kleine waarde heeft (0.0144). Beide punten liggen vlakbij of aan de Zimmermangeul. Doordat deze geul maar met een paar gridcellen in de breedte geschematiseerd is en scheef door het model loopt is de kans groot dat de waterbeweging door deze geul niet geheel correct verloopt. De ruwheid van deze eenheid zal dan ook niet verder veranderd worden. Waarschijnlijk heeft het aanpassen van de Zimmermangeul in het model door deze iets breder te maken meer effect.

Plaat/slik, laag slib/zand

De eenheid Plaat slik, laag(-energetisch) slib/zand wordt gekenmerkt door een lage ruwheid (0,019), met een beddingvorm van kleine ribbels. De ruwheid is iets groter dan de eenheid 'Plaat/slik, laag slib'.

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1 (m)	Gem. versch. SW 1996-2 (m)	Gem. verbetering (%)
Waarde Oost	3	Pl/sl, laag slib/za	0.0265	0.027	-	-	-
Paulina polder	5	Pl/sl, laag slib/ za	0.026	0.018	0.03	-0.05	-117
Bath West	2	Pl/sl, laag slib/za	0.0252	0.028	0.18	0.17	5
Molen plaat	1	Pl/sl, laag slib/za	0.024	0.019	-0.05	-0.06	-11
Baar land	R	Pl/sl, laag slib/za	0.026	0.024	0.12	0.09	30

Tabel 4.6: Plaat/slik, laag slib/zand

De resultaten van de meetpunten zijn zeer divers en er is geen duidelijke trend te ontdekken. Er zijn feitelijk niet genoeg metingen om een uitspraak te kunnen doen over de ruwheid. Gekozen is om de ruwheid voorlopig niet verder aan te passen.

Hard substraat

'Hard substraat' wordt gekenmerkt door een vrij hoge ruwheid (0,028).

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1 (m)	Gem. versch. SW 1996-2 (m)	Gem. verbetering (%)
Waarde Oost	4	Hard substraat	0.0265	0.028	-0.03	-0.04	-13
Waarde Oost	5	Hard substraat	0.0265	0.028	0.09	0.09	-1

Tabel 4.7: Hard substraat

De ruwheid van deze eenheid verandert nauwelijks tussen SW 1996-1 en SW 1996-2. Daarom zijn de gemiddelde verbeteringen ook laag. Op basis van 2 meetpunten is het moeilijk een uitspraak te doen over de ruwheid van deze eenheid. Voorlopig is daarom besloten om de ruwheid niet verder aan te passen.

Overig

Van de overige geomorfologische eenheden (megaribbels, krekens, ruggen) zijn geen gegevens bekend. Op deze eenheden zijn geen metingen uitgevoerd. Vooralsnog is er dus geen mogelijkheid om de ruwheid op deze eenheden aan te passen.

4.4 Verbeteren ruwheidsveld vanuit theorie op basis van metingen Baarland en Molenplaat

Vanuit de theorie is onderzocht hoe de metingen gebruikt kunnen worden om de ruwheid te berekenen. Hierbij is aangenomen dat de snelheden een logaritmisch profiel hebben en na bepaling van dit profiel kan eenvoudig de ruwheid berekend worden. De bepaling van een logaritmisch profiel kan alleen wanneer meerdere metingen in de vertikaal op een zelfde tijdstip zijn uitgevoerd.

Allen op de Plaat van Baarland en op de Molenplaat (zie paragraaf 3.3) zijn metingen op verschillende hoogten uitgevoerd. Op basis van deze metingen is het mogelijk om op basis van de gemeten snelheden een logaritmisch snelheidsprofiel te berekenen, dat het best deze gemeten snelheden benadert. Hierbij is uitgegaan van de volgende formulering voor de snelheidsverdeling in de vertikaal:

$$u = \frac{u^*}{\kappa} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)$$

waarin:

u	: stroomsnelheid	(m/s)
u^*	: schuifspanningssnelheid	(m/s)
κ	: von Karman-constante	(0,4)
z	: hoogte vanaf de bodem	(m)
z_0	: kar. hoogte vanaf de bodem	(m)

Om een goede schatting te maken van u^* en z_0 wordt de fout tussen de metingen en berekening geminimaliseerd. De fout is daarbij als volgt geformuleerd:

$$F = \sum_j \left(\frac{u^*}{\kappa} \ln \left(\frac{z(j)}{z_0} \right) - u(j) \right)^2$$

waarbij:

j	: index meting
F	: fout

Bij een minimale fout komt het logaritmisch profiel het beste overeen met de gemeten stroomsnelheden. In figuur 4.2 is voor een bepaald tijdstip aangegeven hoe op basis van 3 gemeten stroomsnelheden in de vertikaal (op een bepaald tijdstip) een schatting kan worden gemaakt van het logaritmisch snelheidsprofiel.

Uit de gevonden u^* en z_0 is dan eenvoudig de bodemruwheid te berekenen volgens:

$$k = z_0 * 33$$

$$C = 18 * \log \left(\frac{4H}{11 z_0} \right)$$

$$n = \frac{H^{1/6}}{C}$$

waarin:

k	: Nikuradse-ruwheid	(m)
H	: waterdiepte	(m)
C	: Chezy-coefficient	(m ^{1/2} /s)
n	: manning-waarde	(m ^{-1/3} s)

De berekende ruwheden zijn alleen betrouwbaar als de gemeten snelheden in werkelijkheid ook een logaritmisch profiel hebben zoals bijvoorbeeld in figuur 4.2 is getoond.

Wanneer het werkelijke profiel afwijkt van het logaritmische profiel, zoals bijvoorbeeld rond kentering of bij een stroming die in dwarsrichting sterk varieert, wordt de fout groter (zie figuur 4.3). Omdat op deze tijdstippen de stroming geen wrijving ondervindt, komt de berekende ruwheid waarschijnlijk niet overeen met de werkelijke ruwheid.

In figuur 4.4 t/m 4.8 is voor een vijftal metingen de ruwheid gepresenteerd. Figuur 4.4 geeft de ruwheid aan in punt R op de Plaat van Baarland. Het betreft hier de ruwheid gedurende één getij. In de figuur is te zien dat de k-Nikuradse waarde sterker varieert dan de Manning-waarde of de Chézy-coëfficiënt. Rond kentering worden geen juiste waarden berekend.

In figuur 4.4 is ook een duidelijk verschil te zien tussen vloed en eb. Tijdens vloed ligt de Chézy-coëfficiënt rond de 30 m^{1/2}/s (Manning= 0.035 m^{-1/3}s) en bij eb ligt de Chézy-coëfficiënt rond de 22 m^{1/2}/s (Manning= 0.045 m^{-1/3}s).

In de figuur links onder van figuur 4.4 wordt de standaarddeviatie van de meting aangegeven. Dit is het verschil tussen het berekende profiel en de gemeten waarden. Ook in deze figuur is een grote afwijking tijdens kentering waarneembaar.

Ook in punt Q (figuur 4.5) worden hoge ruwheden berekend. Opvallend is dat de ruwheid gedurende het getij oploopt. Ook in punt Q is een verschil te zien tussen vloed (Manning= 0.035 m^{-1/3}s) en eb (Manning= 0.045 m^{-1/3}s tot 0.06 m^{-1/3}s).

De berekende ruwheden op de Plaat van Baarland zijn vrij hoog. Ook zijn de metingen op de Plaat van Baarland kort (gedurende één dag). Daarom is moeilijk aan te geven of de resultaten representatief zijn voor de Plaat van Baarland. Een meting gedurende een langere periode geeft meer duidelijkheid over de ruwheid.

Op de Molenplaat is een langere periode gemeten (figuur 4.6 t/m 4.8). Gedurende deze periode varieert de berekende bodemruwheid sterk, met name op site 1. Langs de x-as is het aantal metingen (chronologisch in de tijd) uitgezet.

De berekende bodemruwheden zijn op de Molenplaat laag in vergelijking tot Baarland. In meetpunt 1 is de gemiddelde Chézy-coëfficiënt ongeveer 65 m^{1/2}/s en de Manning-waarde 0.017 m^{-1/3}s.

De variatie in meetpunt 3 is minder groot dan in de andere meetpunten. Dit komt omdat meetpunt 3 boven op de plaat ligt en dus minder vaak en korter onderstroomt. In meetpunt 3 is de gemiddelde Chézy-coëfficiënt ongeveer $60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ en de Manning-waarde $0.018 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$.

In meetpunt 4 is vaker tijdens kentering gemeten, waardoor in de berekende ruwheid meer pieken voorkomen dan in de andere punten. De gemiddelde Chézy-coëfficiënt is in meetpunt 4 ongeveer $55 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ en de Manning-waarde $0.022 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$.

In tabel 4.8 zijn de gemiddelde ruwheden voor alle meetpunten gepresenteerd. Hierbij zijn de ruwheden die berekend zijn met een kleine gemiddelde stroomsnelheid ($<0.1 \text{ m/s}$) weggelaten, omdat dit duidt op kentering van de stroming.

	Berekende gem. k- nikuradse	berekende gem. manningwaarde	berekende gem. Chezy- waarde
Baarland punt R	0.5384	0.0380	30.62
Baarland punt Q	0.6260	0.0431	27.28
Molenplaat site 1	0.0121	0.0173	66.60
Molenplaat site 3	0.0175	0.0186	59.97
Molenplaat site 4	0.0577	0.0229	48.96

Tabel 4.8: Berekende gemiddelde ruwheden

Hoewel de variatie van de ruwheden in de diverse punten groot is geven de getallen uit tabel 4.8 toch een goede indicatie van de ruwheden die op de verschillende locaties aanwezig is. Vooral omdat in de meeste punten het logaritmisch profiel goed benaderd wordt.

Opvallend zijn de hoge waarden op de Plaat van Baarland, waar volgens de meting hoge ruwheden voorkomen. Rekening houdend met de geometrie en de korrel diameter op de Plaat van Baarland, zijn de berekende ruwheden op basis van de metingen waarschijnlijk te hoog. De oorzaak kan liggen in de manier van meten en de korte periode van de meting.

Uit de ruwheden die gemeten zijn op de Plaat van Baarland blijkt dat de ruwheid tijdens vloed anders is dan tijdens eb.

4.5 Definitief ruwheidsveld (SCALWEST 1996-3)

Gekozen is om op basis van de resultaten van §4.3 de ruwheid op de geomorfologische eenheid plaat/slik, laag slib aan te passen naar $0,010 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$. De overige eenheden behouden hun oorspronkelijke ruwheid uit SW 1996-2. Dit is bepaald in paragraaf 4.3, meestal waren er niet genoeg metingen om een duidelijke uitspraak te kunnen doen. De analyse richt zich verder op Zuidgors-oost. Er is gekozen voor deze locatie omdat de 3 meetpunten allemaal binnen de geomorfologische eenheid 'Plaat/slik laag slib' vallen en

ze bevinden zich niet op een overgangsgebied naar een andere geomorfologische eenheid, waardoor de classificering discutabel kan zijn.

De modelresultaten staan in figuur 4.9 t/m 4.11. Duidelijk zichtbaar is dat de vloedsnelheden sterk verbeteren. De ebsnelheden worden nu echter overschat. Dit in tegenstelling tot de vorige resultaten, waarbij de ebsnelheden goed berekend werden. Zoals ook in §4.4 is vermeld, is het waarschijnlijk dat tijdens vloed een andere ruwheid van toepassing is dan tijdens eb.

In WAQUA is het echter niet mogelijk om een verschillende ruwheid tijdens eb en vloed op te geven, dit betekent dus er zal een compromis gesloten moeten worden om zowel de eb- en vloedsnelheden redelijk te kunnen reproduceren. Het doel is om de afwijkingen in de tijd te minimaliseren. Gekozen is om de ruwheid voor deze eenheid te middelen tussen de vorige berekening waarbij de ebsnelheden goed werden berekend en de eerste iteratie waarbij de vloedsnelheden goed werden berekend, dus: $(0,0174 + 0,010) / 2 = 0,0137 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$. Omdat de ruwheid volgens de theorie lineair doorwerkt, is het gerechtvaardigd om te middelen tussen de SW 1996-2-berekening en de eerste iteratie. Zodoende zou het model over de tijd gezien een minimale afwijking ten opzichte van de meting laten zien.

Iteratie 2

Met een ruwheid van 0,0137 voor de eenheid Plaat/slik laag slib zijn opnieuw de snelheden in het intergetijdengebied berekend. De resultaten zijn opnieuw te zien in de figuren 4.9 t/m 4.11. Uit de figuren blijkt dat de snelheden tussen de SW 1996-2 en de Iteratie 1 berekening komen te liggen. Gezien de nauwkeurigheid van de metingen en de overige aannames die gedaan zijn heeft het verder geen zin om de ruwheid nog verder te optimaliseren. Het SCALWEST-model is nu voor zover mogelijk afgeregeld voor het intergetijdengebied.

Het doel van dit onderzoek was immers een globale afregeling van de ruwheden in het intergetijdengebied, zodat de kennis die hiermee opgedaan is, gebruikt kan worden bij het afregelen van het nieuwe SCALWEST-2000 model.

5 VALIDATIE SCALWEST 1996-3

5.1 Inleiding

Het SCALWEST-model is nu voor zover mogelijk afgeregeld voor het intergetijdengebied. Onduidelijk is wat de bijdrage van het intergetijdengebied is op de globale waterbeweging en dus op de originele afregeling, die gebaseerd was op de geulen (Svašek, 1997). In dit hoofdstuk zal het SCALWEST-3 model gevalideerd worden onder normale en stormomstandigheden. Als maat voor de bijdrage van het intergetijdengebied aan de globale waterbeweging wordt het verschil in waterstanden en debieten tussen het oude SCALWEST model (SW 1996-1) en het nieuwe SCALWEST-3 model gebruikt worden. Ook zal er een validatie plaatsvinden van de gevonden ruwheden tussen de theorie en de praktijk. Dit wordt gedaan om te kijken of de ruwheden gevonden in het model enigszins overeenkomen met de ruwheden die berekend zijn uit de metingen.

5.2 Validatie normale omstandigheden

Als periode voor normale omstandigheden is 19 en 20 juli 1996 gekozen. In figuur 5.1 is op het oog geen verschil zichtbaar. Het verschil bedraagt minder dan een centimeter. De debieten zijn te zien in bijlage C. Uit deze tabellen blijkt dat het verschil klein is. In vrijwel alle geulen is het verschil minder dan 1 procent. Alleen in de Zimmermangeul neemt het debiet tijdens vloed met 2% toe. Dit is verklaarbaar doordat de geul weinig debiet trekt en dus werkt een kleine absolute toename van het debiet snel door in een relatief groot verschil. Onder normale omstandigheden is het verschil dus verwaarloosbaar.

5.3 Validatie storm omstandigheden

Als validatieperiode voor stormomstandigheden is gekozen voor februari 1990. Dit is de grootste storm van de afgelopen 15 jaar en is genaamd de crocusstormvloedperiode. De waterstanden voor de stations Vlissingen en Bath zijn te zien in figuur 5.2.

Het model vertoont veel instabiliteiten tijdens de stormvloedberekening. De berekening met het SW 1996-3 ruwheidsveld is opnieuw gedaan met een gehalveerde tijdstap. De berekening met halve tijdstap laat een aanzienlijk verschil zien op de waterstanden ten opzichte van de SW 1996-3 berekening met de gehele tijdstap. Met een tijdstap van 1 minuut was het verschil in waterstanden 9 cm bij Bath, bij een tijdstap van een halve minuut is het verschil in waterstand tussen de SW 1996-1 en SW 1996-3 berekening slechts 3 cm. In figuur 5.2 is de berekening met de gehalveerde tijdstap te zien.

De instabiliteiten worden waarschijnlijk veroorzaakt door een probleem met de bodemligging bij Terneuzen. Dit heeft in het verleden ook al problemen opgeleverd (Svašek, 1998b).

In de debieten (bijlage C) is er maximaal een verschil van ongeveer 3%. Dit verschil is te zien in raai 5, er stroomt in het SW 1996-3 model meer water door de Schaar van Waarde dan het Middelgat tijdens vloed. Tijdens eb is dit precies andersom, er stroomt ongeveer 3% meer water door het Zuidergat dan de Schaar van Waarde. Hoe dit mogelijk is, is onduidelijk. Het ruwheidsveld in dat gebied is dermate complex dat er niet een eenvoudige verklaring gegeven kan worden.

Het verschil in waterstanden en debieten is dusdanig klein dat hier verder geen aandacht aan besteed hoeft te worden.

5.4 Validatie van de ruwheden vanuit de theorie en de praktijk

Vanuit de theorie is onderzocht hoe de metingen gebruikt kunnen worden om de ruwheid te berekenen (paragraaf 4.4). In deze paragraaf wordt gekeken of er grote verschillen te zien zijn tussen de theoretische ruwheid en de ruwheid zoals gevonden in SW 1996-3.

Aangenomen is dat de snelheden een logaritmisch profiel hebben en na bepaling van het profiel kan eenvoudig de ruwheid berekend worden. De bepaling van een logaritmisch profiel kan alleen wanneer meerdere metingen in de verticaal op een zelfde tijdstip zijn uitgevoerd. Rond kentering is geen goede schatting mogelijk, vanwege het ontbreken van een logaritmisch profiel.

De metingen op de Plaat van Baarland en de Molenplaat zijn tijdens een groot gedeelte van het getij goed met een logaritmisch profiel te beschrijven.

De ruwheden die berekend worden door een logaritmisch profiel door de metingen te trekken zijn gepresenteerd in tabel 5.1.

	berekende gem. manningwaarde uit metingen	Manningwaarde na iteratie uit het model SCALWEST-3
Baarland punt R	0.0380	0.0193
Baarland punt Q	0.0431	0.0137
Molenplaat site 1	0.0173	0.0193
Molenplaat site 3	0.0186	0.0137
Molenplaat site 4	0.0229	0.02

Tabel 5.1 Ruwheden bepaald vanuit metingen en door calibratie

Zoals in tabel 5.1 te zien is zijn er grote verschillen tussen de ruwheden die berekend zijn uit de metingen en de ruwheden die na calibratie in het SCALWEST model gebruikt worden. Met name de afwijkingen op de Plaat van Baarland vallen op.

Rekening houdend met de geometrie en de korreldiameter op de Plaat van Baarland, zijn de berekenende ruwheden op basis van de metingen te hoog. De oorzaak kan liggen in de manier van meten en de korte periode van de meting.

Een ander aspect is dat in de modellering van de waterbeweging de ruwheden een goede parameter is om fouten die ontstaan door discretisatie of verkeerde bodemligging op te vangen. Daarom is enig verschil tussen gemeten en gecalibreerde ruwheden acceptabel.

Omdat uit de calibratie blijkt dat de ruwheden in het model goede resultaten opleveren, zal in het vervolg uitgegaan worden van deze ruwheden.

5.5 Conclusie

Tijdens normale omstandigheden is er nauwelijks verschil merkbaar in de waterstanden en debieten. Tijdens storm omstandigheden zijn de verschillen in waterstand en debieten groter, maar de verschillen zijn klein genoeg om te kunnen zeggen dat het SW 1996-3

model een verwaarloosbare invloed heeft op de waterstanden en debieten tijdens normale en stormomstandigheden.

Verder vertoont het SCALWEST-model veel instabiliteiten tijdens de gebruikte storm. Dit heeft veel invloed op de waterstanden. Bij Bath is het verschil 6 cm op de hoogwaterstand.

Uit de vergelijking tussen de ruwheden berekend uit de metingen en de gevonden waarden in het model blijkt dat de ruwheden redelijk overeenkomen op de Molenplaat. Op de Plaat van Baarland worden grote afwijkingen gevonden. De ruwheidswaarden gevonden uit de metingen zijn veel hoger dan gevonden in het model. Uitgegaan wordt van de ruwheden zoals gevonden in het model.

6 VERGELIJKING SW 1996-1 EN SW 1996-3 MODEL

6.1 Puntenwolken gemiddelde stroomsnelheid versus gemiddelde waterdiepte

Aan de hand van de hydraulische parameters uit het SCALWEST 1996-3 model en de geomorfologische kaart is onderzocht of er een verband te vinden is tussen de hydraulica en de beddingvorm. In de gebruikte modeluitkomsten kunnen zoals bekend fouten zitten, zodoende moeten de resultaten met de nodige voorzichtigheid bekeken worden. Gerekend is met cyclische randvoorwaarden.

In eerste instantie is hiertoe per punt de gemiddelde stroomsnelheid uitgezet tegen de gemiddelde waterdiepte. Deze gemiddelden zijn bepaald over de periode waarin het betreffende punt geïnundeerd is. Deze resultaten zijn gezet naast dezelfde resultaten van het SCALWEST 1996-1a model waarbij de ruwheden in het intergetijdengebied gehalveerd zijn ten opzichte van SCALWEST 1996-1 (Svašek/Alkyon, 2000). SCALWEST 1996-1a is de eerste benadering om de snelheden in het intergetijdengebied te verbeteren.

Indien alle ondiepe roosterpunten van het model in een figuur worden uitgezet ontstaat één grote puntenwolk. Vervolgens is deze relatie uitgezet voor die punten die volgens de geomorfologische kaart tot dezelfde geomorfologische eenheid behoren.

De resultaten staan in figuur 6.1 t/m 6.14. De grijze punten zijn alle punten van het model. De rode punten zijn de punten van de specifieke geomorfologische eenheid. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen slikken en platen. Een slik wordt hierbij gedefinieerd als een intergetijdengebied dat vast aan de oever ligt. Een plaat is een intergetijdengebied dat omsloten wordt door geulen¹.

In de figuren is ook aangegeven hoe de indeling moet zijn volgens van Rijn (1993). De zwarte doorgetrokken lijnen geven de grenzen ($T=0, 3, 10, 15, 25$) aan waarbinnen de volgende classificering moet vallen:

Transport regime		$1 \leq D_* \leq 10$	$D_* > 10$
Lower	$0 \leq T \leq 3$	Mini-ripples	Dunes
	$3 < T \leq 10$	Mega-ripples and dunes	Dunes
	$10 < T \leq 15$	Dunes	Dunes
Transition	$15 < T \leq 25$	Washed-out dunes, sand waves	
Upper	$T \geq 25, Fr < 0.8$	(symmetrical) sand waves	
	$T \geq 25, Fr \geq 0.8$	Plane bed and/ or anti-dunes	

Tabel 2.2: Classificatie van bed-vormen volgens van Rijn (1993)

Waarin:

$$T = (\tau'_{b,c} - \tau_{b,cr}) / \tau_{b,cr} = \text{bodemschuifspanningsparameter}$$

$$\tau'_{b,c} = \rho g (u/C')^2 = \text{korrel gerelateerde bodemschuifspanning}$$

$$\rho = \text{dichtheid water}$$

¹ De plaat van Baarland is vanwege de ligging als slik gedefinieerd.

g	= zwaartekrachtversnelling
u	= diepte gemiddelde snelheid
$C' = 18 \log (12h/3d_{90})$	= korrel gerelateerde Chézy-coëfficiënt ($d_{90} = 400 \cdot 10^{-6}$ (geschat))
$\tau_{b,cr} = 0.18$	= uit Shields curve, $d_{50} = 200 \cdot 10^{-6}$ (geschat)
$D_* = d_{50}[(s-1)g/v^2]^{1/3}$	= deeltjesdiameter parameter = 5.0 (met $d_{50} = 200 \cdot 10^{-6}$)
$s = \rho_s/\rho$	= relatieve dichtheid (2650/1000)
ν	= kinematische viscositeit coëfficiënt

Deze indeling is opgesteld voor zandige rivieren. Hiermee moet rekening mee worden gehouden.

Alhoewel de spreiding van de puntenwolken groot is kunnen de volgende conclusies uit de figuren getrokken worden:

- De stroomsnelheden in het SCALWEST 1996-3 model zijn afgenomen ten opzichte van de stroomsnelheden in het SCALWEST 1996-1a model (met gehalveerde ruwheden). Dit komt omdat de ruwheden in het intergetijdengebied voor een aantal morfologische eenheden verhoogd zijn, waardoor de stroomsnelheid afneemt. Het SCALWEST 1996-3 model geeft hierdoor een compactere weergave van de stroomsnelheden.
- Slikken kunnen bij een grote gemiddelde waterdiepte nog lage snelheden (kleiner dan 0.1 m/s) geven. Bij platen is dit veel minder het geval, hier ligt de puntenwolk theoretisch gezien beter. Een mogelijke verklaring voor dit fenomeen is dat kombergingsgebieden grotendeels grenzen aan slikken. Dit kunnen kleine gebieden zijn aan de dijk. Het vullen en legen van deze gebieden geschiedt via de slikken. De snelheden in de toegangsgeulen van deze gebieden wordt dus bepaald door de komberging.
- Enkele soorten platen geven een substantieel hogere stroomsnelheid in het SCALWEST 1996-1a model dan de slikken (hoog gegolfd, hoog dynamische 3d megaribbels). In SCALWEST 1996-3 model is dit niet meer het geval.
- In hoogdynamische gebieden zijn de gemiddelde stroomsnelheden hoger dan in laagdynamische gebieden.
- De punten van de megaribbels liggen voor het grootste deel in het mini-ribbels gedeelte. Een verklaring hiervoor kan zijn dat de stroomsnelheid in een rivier (waar van Rijn mee rekent), niet hetzelfde is als de getijgemiddelde snelheid, waarmee hier gerekend is. Waarschijnlijk ligt de vorm bepalende snelheid ergens tussen de getijgemiddelde snelheid en de maximale snelheid. Mede hierdoor is het vrijwel onmogelijk een uitspraak te doen over hoe SCALWEST presteert in het intergetijdengebied aan de hand van deze theoretische beschouwing.

6.2 Afhankelijkheid parameters

Aan de hand van een cyclisch gemaakt getij met een getijcoëfficiënt van 1.08 (bij Vlissingen) is een berekening uitgevoerd met het SW 1996-1a model en het SW 1996-3 model.

Het getij is cyclisch gemaakt zodoende dat er netto evenveel in als uit de Westerschelde stroomt. De volgende parameters zijn berekend per roosterpunt van het model:

- Maximum stroomsnelheid;
- Gemiddelde stroomsnelheid;
- Maximum stroomsnelheid eb;
- Maximum stroomsnelheid vloed;
- Gemiddelde stroomsnelheid tijdens eb;
- Gemiddelde stroomsnelheid tijdens vloed;
- Gemiddelde waterstand;
- Gemiddelde waterdiepte;
- Dominant volume;
- Getijvolume;
- Maximum bodemschuifspanning van het cyclisch getij;
- Gemiddelde bodemschuifspanning over het cyclisch getij.

De resultaten van de SW 1996-1a-berekening zijn dezelfde resultaten als in Svašek/Alkyon, 2000.

In de figuren 6.15 t/m 6.28 is voor het SW 1996-1a (met gehalveerde ruwheden in het intergetijdengebied tov. SW 1996-1) en het SW 1996-3 model voor alle parameters het oppervlak tegen de grootte van de parameter uitgezet. Op deze manier is duidelijk te zien welke waarde het meest voorkomt in een bepaald geomorfologisch gebied.

Uit de vergelijking van beide sets figuren komt naar voren dat bij het SW 1996-3 model de parameters minder onderscheidend zijn dan bij het SW 1996-1a model. Dit komt omdat de bodemruwheid aan de beddingvorm en de hydraulische omstandigheid is aangepast. Een ruwer bed heeft dus ook een grotere ruwheid gekregen, waardoor de stroomsnelheden omlaag zijn gegaan.

De verschillen in waterstanden en waterdiepten zijn nauwelijks aanwezig. Dit stemt overeen met de conclusie uit paragraaf 5.2.

Het getijvolume en het dominant volume nemen in het SW 1996-3 model af ten opzichte van het SW 1996-1 model.

7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 Conclusies

Op basis van de geomorfologische kaart van 1996 (Meetdienst, 1997) is voor elke geomorfologische eenheid een ruwheid bepaald (SW 1996-2). Door de uitkomsten van het SCALWEST-model te vergelijken met stroommetingen in het intergetijdengebied is op basis van dit onderzoek (fase 1) besloten om de ruwheid van de geomorfologische eenheid "Plaat/slik, laag slib" nog enigszins aan te passen. Voor de overige geomorfologische eenheden, waarvan metingen beschikbaar waren, waren de verschillen in stroomsnelheden te klein of niet eenduidig genoeg om aan te passen.

Van een aantal eenheden waren geen of te weinig metingen beschikbaar, waardoor het niet verantwoord was om op basis hiervan de ruwheden aan te passen. Op deze manier is het afgeregelde SCALWEST 1996-model (SW 1996-3) voor het intergetijdengebied tot stand gekomen.

Ook is gebleken uit dit onderzoek dat de ruwheid per geuldeel te weinig van belang is voor stroming over de platen die ingesloten zijn tussen geulen in het SCALWEST model. Daarom hebben geulparen in het SCALWEST 1996 model dezelfde ruwheid gekregen, terwijl dit in werkelijkheid niet zo hoeft te zijn. Volgens de hypothese van de waterbeweging in de intergetijdengebieden kan een verschil in ruwheid van belang zijn voor de stroming over platen die ingeklemd zijn tussen de geulen. Een klein faseverschil door een andere ruwheid zou het verhang over een plaat kunnen wijzigen en dus de stroomsnelheden. Om het debiet tussen de Pas van Terneuzen en de Everingen kloppend te maken werd de ruwheid per geuldeel aangepast. Als gevolg hiervan werden geen grote verschillen in stroomsnelheid gevonden op de Middelplaat. In kortsluitgeulen werden even grote verschillen in stroomsnelheid gevonden als in de hoofdgeulen. De hypothese lijkt dus niet te kloppen. In het vervolg van de afregeling van SCALWEST is hier dan ook geen aandacht meer aan besteed.

Vanuit de theorie is onderzocht hoe de stroomsnelheidsmetingen gebruikt kunnen worden om de ruwheid te berekenen. Hierbij is aangenomen dat de snelheden een logaritmisch profiel hebben. Zo kan door gebruik te maken van dit veronderstelde logaritmisch profiel van snelheden de ruwheid berekend worden. Uit de metingen op de Plaat van Baarland (bij GC van 1.16) en de Molenplaat bleek dat het profiel goed met een logaritmisch profiel te beschrijven is tijdens een springtij. Tussen de ruwheden zoals gevonden in het model en berekend aan de hand van de metingen zit een groot verschil op de Plaat van Baarland. Op de Molenplaat komen de ruwheden beter overeen.

Uit de validatie van het afgeregelde ruwheidsveld onder normale en stormomstandigheden is gebleken dat alleen tijdens storm een verschil merkbaar is in de waterstanden die optreden in het intergetijdengebied. Dit verschil bedraagt voor de februari 1990 storm maar maximaal 3 cm op hoogwater bij Bath. De intergetijdengebieden lijken dus geen grote rol te spelen voor de grootschalige waterbeweging tijdens stormomstandigheden.

Uit een analyse van de geomorfologische kaart van 1996 blijkt dat op sommige locaties de geomorfologische eenheden uit de kaart van 1996 niet overeenstemmen met de

werkelijkheid. Een voorbeeld is meetpunt 3 van Paulina dat volgens de geomorfologische kaart op het schor ligt, terwijl dit meetpunt op het slik ligt. Voor gebruik van de geomorfologische kaart voor ruwheidsbepalingen moet dus voor de afregeling goed de juistheid van de kaart onderzocht worden.

Uit de puntenwolken waarbij de gemiddelde stroomsnelheid is uitgezet tegen de gemiddelde waterdiepte blijkt dat de stroomsnelheden met het SCALWEST 1996-3 model zijn afgenomen ten opzichte van het SCALWEST 1996-1a model (hierbij is de ruwheid op het intergetijdengebied gehalveerd ten opzichte van SCALWEST 1996-1). Dit wordt veroorzaakt doordat de ruwheden in het intergetijdengebied verhoogd zijn, waardoor de stroomsnelheden afgenomen zijn.

Uit de grafieken waarbij verschillende stroomparameters uitgezet zijn tegen het oppervlak blijkt dat door gebruik van het SCALWEST 1996-3 model de parameters minder onderscheidend zijn dan bij het SCALWEST 1996-1a model. Dit zou men in eerste instantie niet verwachten. De reden is dat de stroomsnelheden in hoogdynamische gebieden gedaald zijn.

Dit komt omdat de bodemruwheid aan de beddingvorm en de hydraulische ruwheid is aangepast. Een ruwer bed heeft dus ook een grotere ruwheid gekregen, waardoor de stroomsnelheden gedaald zijn.

7.2 Aanbevelingen

Voor vrijwel alle eenheden geldt dat er nauwelijks metingen beschikbaar zijn om een goede calibratie uit te voeren. Het ruwheidsveld dat er nu ligt is daarom ook vrij onzeker omdat het gecalibreerd is met een beperkte dataset. Voor veel geomorfologische eenheden geldt dat er helemaal geen metingen op deze gebieden zijn uitgevoerd. Voor een verdere optimalisatie van het ruwheidsveld en dus de resultaten van SCALWEST in het intergetijdengebied is het noodzakelijk een uitgebreide meetcampagne te houden.

Om de resultaten van het SCALWEST-model verder te verbeteren moet tijdens eb en vloed met verschillende ruwheden gerekend worden. Dit is (nog) niet mogelijk binnen WAQUA. Aanbevolen wordt om de mogelijkheden hiervan te verkennen.

Het model vertoont grote instabiliteiten tijdens de februari storm van 1990. Het verdient aanbeveling om hier nog eens goed naar te kijken.

De geomorfologische kaart vertoont afwijkingen. Hier moet nog eens goed naar gekeken worden, omdat dit rechtstreeks doorwerkt in de reproductie van het SCALWEST-model in het intergetijdengebied.

8 LITERATUURLIJST

Duiker, J. M. C, 1998, Vestiging en resuspensie van het nonnentje op de Plaat van Baarland, Universiteit Utrecht.

Huijs, S., 1995, Geomorfologische ontwikkeling van het intergetijdegebied in de Westerschelde 1935-1989, IMAU, R95-3

Israel, C.G., 1997, Modellerings van het sedimenttransport over de Plaat van Ossensisse in de Westerschelde, afstudeerrapport, TU-Delft

Koster Engineering, 1997, Stroom- en golfmetingen op slikken gelegen voor schorren in de Westerschelde. Eerste uitwerking van metingen uitgevoerd op de slikken van Bath, Waarde, Zuidgors en Paulina, mei t/m oktober 1996.

McLaren, P. en Powys, R.I.L., 1994, Patterns of sedimenttransport in the Westerschelde between Baarland and Rupelmonde, Geosea Consulting Cambridge

Rijkswaterstaat, Meetkundige dienst, 1997, Toelichting bij de Geomorfologische kartering van de Westerschelde 1996, op basis van false-colour luchtfoto's 1:10000,MDGAT-97.52

Rijn, L.C. van, 1993, Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas.

Svašek 1997, Bouw, Calibratie, en verificatie SCALWEST t.b.v. project verdieping. Rapportage activiteit A, rapport 97210/1011.

Svašek, 1998a, Validatie TRISCAL en aanzet sedimenttransport, t.b.v. Project Verdieping, Rapportage Activiteit C, Rapport 1011.

Svašek, 1998b, Afbouw SCALWEST-modellen, t.b.v. project verdieping, rapportage activiteit D, rapport 98165/1047.

Svašek, 1999, Het SCALWEST model in het intergetijdengebied, een eerste verkenning naar afwijkingen tussen model en veldmetingen, rapport 99321/1115.

Svašek, 2000, Morfologisch model op basis van SCALWEST, een eerste verkenning, rapport 00172/1152.

Svašek & Alkyon, 2000: ECOMORF, De modellering van de hydrodynamica in het intergetijdengebied, rapport 00327/1165-A647.

Terwind, J en Brouwer, M. 1986, The behaviour of intertidal sandwaves during neap-spring tide cycles and the relevance for paleoflow reconstructions, Sedimentology, 1986, 33, p 1-31

Witteveen en Bos, 1998. Eindverslag waterbeweging en morfologie van slikken in de Westerschelde.

FIGUREN

- 2.1: Westerschelde
- 2.2: Geomorfologische kaart 1996
- 2.3: Ruwheden SCALWEST-model (SW 1996-1 en SW 1996-2).

- 3.1: Overzicht meetlocaties intergetijdengebieden
- 3.2: Overzicht meetlocatie, Zuidgors West
- 3.3: Overzicht meetlocatie, Waarde Oost
- 3.4: Overzicht meetlocatie, Zuidgors Oost
- 3.5: Overzicht meetlocatie, Paulinapolder
- 3.6: Overzicht meetlocatie, Bath West
- 3.7: Overzicht meetlocatie, Molenplaat
- 3.8: Overzicht meetlocatie, Baarland
- 3.9: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Zuidgors West, mp 1
- 3.10: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Zuidgors West, mp 2
- 3.11: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Zuidgors West, mp 3
- 3.12: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Zuidgors West, mp 4
- 3.13: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Zuidgors West, mp 5
- 3.14: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Waarde Oost, mp 1
- 3.15: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Waarde Oost, mp 2
- 3.16: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Waarde Oost, mp 3
- 3.17: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Waarde Oost, mp 4
- 3.18: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Waarde Oost, mp 5
- 3.19: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Zuidgors Oost, mp 3
- 3.20: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Zuidgors Oost, mp 4
- 3.21: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Zuidgors Oost, mp 5
- 3.22: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Paulina, mp 1
- 3.23: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Paulina, mp 2
- 3.24: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Paulina, mp 3
- 3.25: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Paulina, mp 4
- 3.26: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Paulina, mp 5
- 3.27: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Bath West, mp 1
- 3.28: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Bath West, mp 2
- 3.29: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Bath West, mp 3
- 3.30: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Bath West, mp 4
- 3.31: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Bath West, mp 5
- 3.32: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Molenplaat, site 1
- 3.33: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Molenplaat, site 3
- 3.34: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Molenplaat, site 4
- 3.35: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Plaat van Baarland, mp Q
- 3.36: Vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met meting, Plaat van Baarland, mp R

- 4.1a: Verschillen in stroomsnelheid door 7% verruwen Everingen en vergladden Pas van Terneuzen, maximum eb- en vloedstroming.
- 4.1b: Verschillen in stroomsnelheid door 14% verruwen Everingen en vergladden Pas van Terneuzen, maximum eb- en vloedstroming.
- 4.2: Schatting logaritmisch profiel, Westerschelde, bodem 1996
- 4.3: Schatting logaritmisch profiel, Westerschelde, bodem 1996

- 4.4: Gemeten ruwheden Baarland, punt R.
- 4.5: Gemeten ruwheden Baarland, punt Q.
- 4.6: Gemeten ruwheden Molenplaat, site 1.
- 4.7: Gemeten ruwheden Molenplaat, site 1.
- 4.8: Gemeten ruwheden Molenplaat, site 1.
- 4.9: Iteratieslagen ruwheid PI/sl, laag slib bij Zuidgors Oost, mp 3.
- 4.10: Iteratieslagen ruwheid PI/sl, laag slib bij Zuidgors Oost, mp 4.
- 4.11: Iteratieslagen ruwheid PI/sl, laag slib bij Zuidgors Oost, mp 5.

- 5.1: Waterstanden normale omstandigheden (1996).
- 5.2: Waterstanden stormomstandigheden (feb 1990).

- 6.1 t/m 6.14 Dieptegemiddelde snelheid tov. waterdiepte voor SW1 en SW3
- 6.15 t/m 6.28 Oppervlakte gebied tov. parameter voor SW1 en SW3

BIJLAGES

- Bijlage A: Beschrijving ruwheidsschatter
- Bijlage B1: Uitgebreide uitkomsten vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met metingen
- Bijlage B2: Gemiddelde maximale eb en vloed snelheden tijdens de gehele periode en dood- en springtij
- Bijlage C: Debieten voor validatie SW 1996-3

BIJLAGE A: Beschrijving ruwheidsschatter

In deze bijlage wordt een beschrijving gegeven van de ruwheidsschatter die gebruikt is om een ruwheid per geomorfologische eenheid te bepalen. Deze bijlage is grotendeels overgenomen uit Svašek en Alkyon (2000).

Van Rijn (1993) geeft een methode om de bodemruwheid af te schatten aan de hand van de korreldiameter en bedvorm:

$$K = k' + k''$$

waarin:

k	: Nikuradse waarde	(m)
k'	: korrelgerelateerde k waarde	(m)
k''	: bedvorm gerelateerde k waarde	(m)

Voor de bepaling van de korrelgerelateerde ruwheid k' volgt uit verschillend onderzoek

$$k' = 3 \text{ tot } 5 d_{90}$$

met d_{90} = korreldiameter waarbinnen 90% van het gewicht van een zandfractie valt.

Hier aangehouden:

$$k' = 3 d_{90}$$

Voor de bepaling van de bedvorm gerelateerde k'' volgt:

Voor ribbels:

Volgens Van Rijn zijn ribbels gedefinieerd als bedvormen met een ribbellengte kleiner dan de waterdiepte. Voor de Westerschelde geldt dat de ribbels meestal een lengte hebben van enkele centimeters.

$$k'' = 20 \gamma_r \Delta_r (\Delta_r / \gamma_r)$$

met:

k''	: bedvorm gerelateerde k waarde	(m)
Δ_r	: ribbelhoogte	(m)
λ	: ribbellengte	(m)
γ_r	: ribbelparameter	(=1)

Voor megaribbels $\lambda \approx 7 h$

$$k'' = 1.1 \cdot 0.7 \cdot \Delta_d (1 - \exp(-25 \Delta_d / \lambda_d))$$

met:

k''	: bedvorm gerelateerde k-waarde	(m)
Δ_d	: megaribbel hoogte	(m)
λ_d	: megaribbel lengte	(m)

De formules zijn gebaseerd op waargenomen data. In de data zit nog een grote spreiding, zodat de formules meer een relatieve dan een absolute indicatie geven van de ruwheden.

Aan de hand van luchtfoto's uit juli 1996 is het intergetijdengebied van de Westerschelde (Vlissingen - grens) ingedeeld in geomorfologische eenheden (Meetkundige dienst, 1997). Dit is een weergave van de getijgedreven morfodynamica en is indirect een maat voor de stroomsnelheid. Aan de hand van deze indeling is per eenheid een ruwheid bepaald.

De volgende indeling is aangehouden:

Morf. Eenheid	Dynamiek	bedvorm	afkorting		oppervlak (ha)	Bedding hoogte (m)	Lengte van de bedding vorm (m)	bijzonderheid
Plaat/Slik (P)	Laag energetisch	vlak	P1a1	zand	1596	<0,05 m		
			P1a2	slibrijk zand	1228	<0.05 m		
			P1a3	slibrijk	1594	<0.05 m		
	Hoog energetisch	gegolfd	P2a		475	< 0,25 m	>10 m	Golfge-stuurd
		megaribbels	P2b1	2D	985	> 0,25 m	<25 m	$u_{max} < 0,8$ m/s
			P2b2	3D	575	> 0,25 m	<25 m	$u_{3d} > u_{2d}$
		vlak	P2c		922	< 0,25 m	>25 m	$u < u_{3d}$
	Ruggen		P3		23			geïsoleerd
	Water		P4		4			
Kreek			K		517			
Hard substraat			H		308			veen
Duin			D		38			Wind-invloed
Schor			S		2588			begroeid
Totaal					10922			

Tabel A.1: indeling geomorfologische gebieden volgens Huijs 1995/Terwindt(1986)

Mondelinge toelichting door Dick de Jong (RIKZ):

- 3D megaribbels hebben een maximum hoogte van 2 m en een gemiddelde hoogte van 1 m;
- 2D megaribbels hebben een maximum hoogte van 1 m en een gemiddelde hoogte van 0,5 m;
- Er is een vrij abrupte overgang in ribbelhoogte: tot 5 cm komt veel voor en daarna pas weer (mega)ribbels van 0,4 a 0,5 meter;
- Op de westelijke koppen van platen (Hoge Platen en Rug van Baarland) komt een gegolfd profiel voor. De hoogte van de ribbels ligt tussen de 15 à 25 cm en de lengte

is net zo lang als van megaribbels. De gebieden lijken heel dynamisch, maar dat zijn ze waarschijnlijk niet. Deze gebieden ontstaan waarschijnlijk door golfwerking.

- De overige hoogenergetische profielen ontstaan met name door stroming;
- Duinen liggen niet in de stroomvoerende delen van de Westerschelde. Ze liggen voornamelijk in de luwte, zoals de Sloehaven bij Rammekens (de Kaloot). Voor dit onderzoek zijn ze niet van belang.

Op basis van de beschikbare gegevens (geomorfologische kaart) zijn de volgende karakteristieken voor de verschillende geomorfologische gebieden geschat.

Morf. Eenheid	Dynamiek	beddingsvorm	Afk.		d90	Bedding hoogte (m)	Lengte van de bedding vorm (m)	bijzonderheden
Plaat/Slik (P)	Laag energetisch	Vlak	P1a1	Zand	0.000360	0.025	0.13	
			P1a2	slibrijk zand	0.000180	0.02	0.08	
			P1a3	Slibrijk	0.000040	0.01	0.05	
	hoog energetisch	Gegolfd	P2a		0.000400	0.20	15	
		Megaribbels	P2b1	2D	0.000400	0.50	20	
			P2b2	3D	0.000400	1.00	20	
		Vlak	P2c		0.000400	0.05	100	
	ruggen		P3		0.000400	0.05	60	in stroomrichting kleine ribbels
	water		P4		0.000400	0.15	5	gemiddelde waarde aangenomen
Kreek			K		0.000400	0.15	5	gemiddelde waarde aangenomen
Hard substraat			H		0.040000			veen
Duin			D		0.000200			
Schor			S		0.300000			begroeiing

Tabel A.2: Afmetingen karakteristieken geomorfologische gebieden (in m)

In de literatuur worden de volgende korreldiameters genoemd:

Platen van Ossensisse : $d_{50} = 152 \mu\text{m}$ Israel (1997)

Plaat van Baarland : $d_{90} = 267 \mu\text{m}$ Duijker (1998)

Voor geulen in de Westerschelde wordt vaak $d_{50} = 250 \mu\text{m}$ aangehouden (McClaren (1994), Svašek (1998a)).

Voor de korreldiameter is voor zand uitgegaan van een $d_{50} = 150\text{-}250 \mu\text{m}$ en voor slib van een $d_{50} = 20 - 30 \mu\text{m}$. Voor slib is daarom gekozen voor een $d_{90} = 40 \mu\text{m}$, voor slibrijk zand een $d_{90} = 180 \mu\text{m}$ en voor zand een $d_{90} = 360\text{-}400 \mu\text{m}$.

Bij de schatting van de ribbelhoogte en lengte is gebruikt gemaakt van de aanvullende informatie van Dick de Jong.

Op basis van de formules zoals hierboven gepresenteerd zijn uit de bovenstaande tabel de volgende ruwheden berekend (hierbij is geen rekening gehouden met de vegetatie):

morf. Eenheid	Dynamiek	Beddingvorm	afk.		k' (m)	k'' (m)	k totaal (m)	Bijzonderheden
Plaat/Slik (P)	Laag energetisch	Vlak	P1a1	Zand	0.0011	0.0191	0.0202	
			P1a2	Slibrijk zand	0.0005	0.0154	0.0159	
			P1a3	Slibrijk	0.0001	0.0076	0.0078	
	Hoog energetisch	Gegolfd	P2a		0.0012	0.0437	0.0449	
		Megaribbels	P2b1	2D	0.0012	0.1789	0.1801	
			P2b2	3D	0.0012	0.5494	0.5506	
		Vlak	P2c		0.0012	0.0005	0.0017	
	Ruggen		P3		0.0012	0.0008	0.0020	
	Water		P4		0.0012	0.0900	0.0912	
Kreek			K		0.0012	0.0900	0.0912	
Hard substraat			H		0.1200		0.1200	Schatting van totale ruwheid
Duin			D		0.0006		0.0006	idem
Schor			S				0.6000	k=2d ₉₀

Tabel A.3: Geschatte ruwheden geomorfologische gebieden (in m)

Met de gebruikte ruwheidschatter zijn Nikuradse (k_s) waarden berekend voor het intergetijdengebied. Het model is afgeregeld met behulp van Manning-waarden. Als aanname is aangehouden dat het model moet blijven rekenen met Manning waarden in plaats van Nikuradse-waarden. De k_s -waarden moeten dan omgerekend worden naar Manning-waarden. Hierbij moet een diepte aangehouden worden om van k_s naar Manning om te rekenen. Voor de omrekening is een waterstand van 1 meter aangehouden. Het ruwheidsveld van SCALWEST-2 ziet er dan als volgt uit (zie ook figuur 2.3b):

Morf. Eenheid	Dynamiek	Beddingvorm	Afkorting		Manning
Plaat/slik (P)	Laag energetisch	Vlak	P1a1	Zand	0.020
			P1a2	Slibrijk zand	0.019
			P1a3	Slibrijk	0.017
	Hoog energetisch	Gegolfd	P2a		0.023
		Megaribbels	P2b1	2D	0.030
		Megaribbels	P2b2	3D	0.041
		Vlak	P2c		0.014
	Ruggen		P3		0.015
	Water		P4		0.026
Kreek			K		0.026
Hard substraat			H		0.028
Duin			D		0.013
Schor			S		0.043

Tabel A.4: Ruwheid per geomorfologische eenheid (SW 1996-2)

BIJLAGE B1: Uitgebreide uitkomsten vergelijking SW 1996-1 en SW 1996-2 met metingen

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1	Gem. versch. SW 1996-2	Gem. verbetering (%)	RMS SW 1996 -1	RMS SW 1996 -2	STD SW 1996 -1	STD SW 1996 -2	Aan tal
Zuidgors West	1	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.13	0.10	25	0.18	0.14	0.12	0.10	820
Zuidgors West	2	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.17	0.09	50	0.23	0.15	0.14	0.13	1909
Zuidgors West	3	Pl/sl, laag slib	0.026	0.018	0.09	0.03	68	0.12	0.11	0.08	0.11	848
Zuidgors West	4	Pl/sl, laag zand	0.026	0.02	0.03	-0.07	-163	0.09	0.12	0.09	0.10	634
Zuidgors West	5	Pl/sl, laag slib	0.026	0.026	0.06	0.01	78	0.12	0.12	0.11	0.12	2038

Tabel B.1: Uitkomsten Zuidgors West

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1	Gem. versch. SW 1996-2	Gem. verbetering (%)	RMS SW 1996 -1	RMS SW 1996 -2	STD SW 1996 -1	STD SW 1996 -2	Aan tal
Waarde Oost	1	Pl/sl, laag slib	0.025	0.017	0.12	0.03	77	0.16	0.12	0.11	0.11	159
Waarde Oost	2	Pl/sl, hoog vlak	0.025	0.025	0.24	0.21	12	0.38	0.37	0.29	0.31	1299
Waarde Oost	3	Hard substraat	0.027	0.027	0.41	0.41	0	0.45	0.45	0.20	0.20	407
Waarde Oost	4	Hard substraat	0.027	0.028	-0.03	-0.04	-12	0.14	0.16	0.14	0.16	631
Waarde Oost	5	Hard substraat	0.027	0.028	0.09	0.09	-1	0.22	0.23	0.20	0.21	1028

Tabel B.2: Uitkomsten Waarde Oost

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1	Gem. versch. SW 1996-2	Gem. verbetering (%)	RMS SW 1996 -1	RMS SW 1996 -2	STD SW 1996 -1	STD SW 1996 -2	Aan tal
Zuidgors Oost	3	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.09	0.07	19	0.12	0.11	0.08	0.09	310
Zuidgors Oost	4	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.11	0.03	75	0.17	0.11	0.13	0.11	640
Zuidgors Oost	5	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.15	0.07	55	0.20	0.14	0.13	0.12	1842

Tabel B.3: Uitkomsten Zuidgors Oost

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1	Gem. versch. SW 1996-2	Gem. verbetering (%)	RMS SW 1996 -1	RMS SW 1996 -2	STD SW 1996 -1	STD SW 1996 -2	Aantal
Paulina polder	1	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.01	-0.05	-869	0.08	0.15	0.08	0.14	1295
Paulina polder	2	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.08	0.02	69	0.11	0.09	0.08	0.08	1867
Paulina polder	3	Schor	0.026	0.043	0.09	0.11	0	0.09	0.11	0.01	0.02	3
Paulina polder	4	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.04	0.02	49	0.08	0.08	0.07	0.07	1504
Paulina polder	5	Pl/sl, laag slib	0.026	0.018	0.03	-0.05	-114	0.12	0.15	0.12	0.14	2161

Tabel B.4: Uitkomsten Paulinapolder

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1	Gem. versch. SW 1996-2	Gem. verbetering (%)	RMS SW 1996 -1	RMS SW 1996 -2	STD SW 1996 -1	STD SW 1996 -2	Aantal
Bath West	1	Pl/sl, laag slib	0.025	0.017	0.02	-0.04	-228	0.07	0.07	0.07	0.05	164
Bath West	2	Hard substraat	0.025	0.028	0.18	0.17	5	0.30	0.30	0.24	0.25	2022
Bath West	3	Pl/sl, laag slib	0.025	0.017	0.14	0.14	-1	0.16	0.16	0.08	0.08	656
Bath West	4	Pl/sl, laag zand	0.025	0.02	0.15	0.12	17	0.19	0.16	0.11	0.11	294
Bath West	5	Pl/sl, hoog vlak	0.025	0.014	0.06	-0.02	67	0.16	0.14	0.15	0.13	1485

Tabel B.5: Uitkomsten Bath West

Locatie	Site	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1	Gem. versch. SW 1996-2	Gem. verbetering (%)	RMS SW 1996 -1	RMS SW 1996 -2	STD SW 1996 -1	STD SW 1996 -2	Aantal
Molen plaat	1	Pl/sl, laag slib	0.024	0.019	-0.05	-0.06	-11	0.10	0.10	0.09	0.08	507
Molen plaat	3	Pl/sl, laag slib	0.024	0.017	0.20	0.13	36	0.21	0.14	0.06	0.05	60
Molen plaat	4	Pl/sl, laag zand	0.024	0.02	0.11	0.01	33	0.12	0.07	0.05	0.06	136

Tabel B.6: Uitkomsten Molenplaat

Locatie	MP	Geomorf. Eenheid	Ruwheid SW 1996-1	Ruwheid SW 1996-2	Gem. versch SW 1996-1	Gem. versch. SW 1996-2	Gem. verbetering (%)	RMS SW 1996 -1	RMS SW 1996 -2	STD SW 1996 -1	STD SW 1996 -2	Aan tal
Baar land	Q	Pl/sl, laag slib	0.026	0.017	0.27	0.18	94	0.36	0.28	0.26	0.23	9
Baar land	R	Hard substraat	0.026	0.024	0.12	0.09	85	0.19	0.14	0.15	0.11	13

Tabel B.7: Uitkomsten Baarland

BIJLAGE B2: Uitkomsten maximale snelheden

Totale periode: Gemiddelde maximale Vloedsnelheden

Zuidgors-west		SW1	SW2	Meting	Abs. fout SW1	Abs. fout SW2	Verb. Abs. fout (%)	Meting/ SW1	Meting/ SW2	Verb. rel. fout (%)
Hoogte/ mp										
0.6	1	0.26	0.32	0.51	0.25	0.19	23.82	1.96	1.59	18.57
-0.85	2	0.45	0.59	0.87	0.42	0.28	33.72	1.91	1.46	23.56
1.12	3	0.24	0.38	0.32	0.08	-0.06	26.80	1.32	1.18	10.79
0.92	4	0.37	0.53	0.43	0.06	-0.10	-54.54	1.18	1.23	-4.70
-1.13	5	0.69	0.73	0.68	-0.01	-0.05	-441.59	1.01	1.07	-5.72
			Gemiddeld		0.16	0.05	-82.36	1.48	1.31	8.50
Waarde-oost										
1.2	1	0.33	0.55	0.33	0.00	-0.22	-4506.34	1.01	1.66	-63.64
-0.59	2	0.68	0.66	1.44	0.76	0.78	-1.50	2.13	2.17	-1.73
1.58	3	-	-	0.72	-	-	-	-	-	-
-1.26	4	0.85	0.91	0.89	0.04	-0.02	49.45	1.05	1.02	2.45
-1.19	5	0.86	0.93	0.89	0.03	-0.04	-35.32	1.03	1.04	-0.97
			Gemiddeld		0.21	0.12	-1123.43	1.31	1.47	-15.97
Zuidgors-oost										
1.64	3	0.16	0.19	0.19	0.03	0.00	99.09	1.20	1.00	16.90
0.85	4	0.27	0.40	0.51	0.24	0.11	52.02	1.88	1.29	31.40
-1.38	5	0.43	0.58	0.80	0.37	0.22	40.58	1.85	1.38	25.66
			Gemiddeld		0.21	0.11	63.89	1.64	1.22	24.65
Paulina										
0.43	1	0.21	0.24	0.21	0.00	-0.03	-472.34	1.02	1.14	-10.90
-0.19	2	0.35	0.47	0.49	0.14	0.02	84.40	1.42	1.05	26.11
1.16	3	0.02	-	0.12	-	-	-	-	-	-
0.16	4	0.25	0.27	0.26	0.01	-0.01	-143.77	1.02	1.05	-2.91
-0.65	5	0.33	0.45	0.32	-0.01	-0.13	-886.92	1.04	1.40	-34.42
					0.04	-0.04	-355	1.13	1.16	-5.53
Bath-west										
1.29	1	0.21	0.20	0.15	-0.06	-0.05	7.55	1.37	1.34	2.03
-1.06	2	0.16	0.16	-	-	-	-	-	-	-
1.23	3	0.19	0.19	0.41	0.22	0.22	1.30	2.14	2.11	1.46
0.06	4	0.13	0.13	0.33	0.20	0.20	-1.27	2.50	2.54	-1.93
-1.03	5	0.33	0.51	0.55	0.22	0.04	82.41	1.67	1.08	35.64
			Gemiddeld		0.15	0.10	22.50	1.92	1.77	9.30

Tabel B 8: Gemiddelde maximale vloedsnelheden tijdens de gehele periode

Totale periode: Gemiddelde maximale Ebsnelheden

Zuidgors-west		SW1	SW2	Meting	Abs. fout SW1	Abs. fout SW2	Verb. Abs. fout (%)	Meting/ SW1	Meting/ SW2	Verb. rel. fout (%)
Hoogte/ mp										
0.6	1	0.21	0.24	0.37	0.16	0.13	20.45	1.79	1.54	13.89
-0.85	2	0.34	0.47	0.51	0.17	0.04	73.83	1.51	1.10	27.18
1.12	3	0.16	0.22	0.32	0.16	0.10	36.77	1.95	1.44	25.83
0.92	4	0.25	0.35	0.33	0.08	-0.02	120.21	1.33	1.05	20.99
-1.13	5	0.41	0.49	0.53	0.12	0.04	65.22	1.30	1.09	16.18
			Gemiddeld		0.14	0.06	63.30	1.57	1.24	20.81
Waarde-oost										
1.2	1	0.36	0.51	0.54	0.18	0.03	81.73	1.49	1.06	28.64
-0.59	2	0.73	0.82	1.23	0.50	0.41	17.90	1.68	1.50	10.82
1.58	3	-	-	0.52	-	-	-	-	-	-
-1.26	4	0.67	0.69	0.59	-0.08	-0.10	-31	1.14	1.18	-3.68
-1.19	5	0.58	0.58	0.82	0.24	0.24	0	1.42	1.42	-0.11
			Gemiddeld		0.00	0.00	17.17	1.43	1.29	8.92
Zuidgors-oost										
1.64	3	0.12	0.14	0.21	0.09	0.07	25.34	1.81	1.50	17.01
0.85	4	0.25	0.36	0.33	0.08	-0.03	141.36	1.30	1.09	15.59
-1.38	5	0.37	0.50	0.48	0.11	-0.02	117.98	1.31	1.04	20.51
			Gemiddeld		0.09	0.01	94.89	1.47	1.21	17.70
Paulina										
0.43	1	0.17	0.24	0.24	0.07	0.00	97.77	1.38	1.01	27.17
-0.19	2	0.24	0.33	0.38	0.14	0.05	64.24	1.60	1.16	27.93
1.16	3	0.03	0.01	0.09	0.06	0.08	-39.73	2.65	7.63	-189
0.16	4	0.16	0.18	0.27	0.11	0.09	15.87	1.69	1.52	9.84
-0.65	5	0.27	0.37	0.46	0.19	0.09	52.44	1.69	1.24	26.49
			Gemiddeld		0.11	0.06	38.12	1.80	2.51	-19.44
Bath-west										
1.29	1	0.26	0.35	0.35	0.09	0.00	105.38	1.34	1.01	24.26
-1.06	2	0.33	0.37	-	-	-	-	-	-	-
1.23	3	0.28	0.26	0.44	0.16	0.18	-12.61	1.55	1.66	-7.42
0.06	4	0.32	0.43	0.48	0.16	0.05	65.25	1.48	1.13	23.85
-1.03	5	0.54	0.59	0.74	0.20	0.15	25.27	1.36	1.25	8.38
			Gemiddeld		0.15	0.09	45.82	1.43	1.26	12.27

Tabel B 9: Gemiddelde maximale ebsnelheden tijdens de gehele periode

Springtij: Maximale vloedsnelheden

Zuidgors-west		SW1	SW2	Meting	Abs. fout SW1	Abs. fout SW2	Verb. Abs. fout (%)	Meting/ SW1	Meting/ SW2	Verb. rel. fout (%)
Hoogte / mp										
0.6	1	0.48	0.63	0.76	0.28	0.13	53.10	1.57	1.20	23.15
-0.85	2	0.70	0.92	1.31	0.61	0.39	35.02	1.86	1.43	23.15
1.12	3	0.46	0.67	0.52	0.06	-0.15	347.80	1.13	1.28	-13.53
0.92	4	0.63	0.84	0.68	0.05	-0.16	410.68	1.08	1.24	-14.28
-1.13	5	2.60	2.08	0.89	-1.71	-1.19	30.45	2.93	2.34	20.04
			Gemiddelde		-0.14	-0.20	175.41	1.71	1.50	7.71
Waarde-oost										
1.2	1	0.44	0.69	0.42	-0.02	-0.27	-1038	1.06	1.65	-55.74
-0.59	2	0.78	0.76	1.61	0.83	0.85	-2.13	2.08	2.12	-2.35
1.58	3	0.00	-	0.90	-	-	-	-	-	-
-1.26	4	1.09	1.11	1.15	0.06	0.04	27.67	1.05	1.04	1.47
-1.19	5	1.10	1.12	1.16	0.06	0.04	32.49	1.05	1.04	1.72
			Gemiddelde		0.23	0.17	-245	1.31	1.46	-13.72
Zuidgors-oost										
1.64	3	0.34	0.39	0.16	-0.18	-0.23	-29.30	0.47	0.41	13.35
0.85	4	0.43	0.62	0.78	0.35	0.16	52.71	1.80	1.27	29.64
-1.38	5	0.61	0.82	1.22	0.61	0.40	34.24	1.99	1.49	25.26
			Gemiddelde		0.26	0.11	19.21	1.42	1.05	22.75
Paulina										
0.43	1	0.44	0.80	0.26	-0.18	-0.54	-206	1.68	3.07	-83.06
-0.19	2	0.46	1.30	0.56	0.10	-0.74	863.39	1.21	2.32	-91.82
1.16	3	0.02	0.00	0.16	0.14	0	-14.01	6.82	36.90	-441
0.16	4	0.45	0.42	0.36	-0.09	-0.06	34.99	1.25	1.16	6.89
-0.65	5	0.60	0.70	0.51	-0.09	-0.19	-118	1.17	1.38	-17.42
			Gemiddelde		-0.02	-0.27	112.09	2.42	8.97	-125
Bath-west										
1.29	1	0.29	0.28	0.16	-0.13	-0.12	13.87	1.84	1.72	6.33
-1.06	2	0.26	0.26	-	-	-	-	-	-	-
1.23	3	0.31	0.32	0.40	0.09	0.08	2.88	1.28	1.27	0.79
0.06	4	0.22	0.23	0.42	0.20	0.19	2.93	1.92	1.87	2.61
-1.03	5	0.43	0.61	0.67	0.24	0.06	75.25	1.57	1.10	30.09
			Gemiddelde		0.10	0.06	23.73	1.65	1.49	9.95

Tabel B 10: Gemiddelde maximale vloedsnelheden tijdens springtij

Springtij: Maximale Ebsnelheden

Zuidgors-west		SW1	SW2	Meting	Abs. fout SW1	Abs. fout SW2	Verb. Abs. fout (%)	Meting/ SW1	Meting/ SW2	Verb. rel. fout (%)
Hoogte / mp										
0.6	1	0.23	0.27	0.44	0.21	0.17	20.60	1.94	1.63	16.29
-0.85	2	0.38	0.52	0.61	0.23	0.09	60.30	1.60	1.18	26.59
1.12	3	0.23	0.28	0.38	0.15	0.10	31.20	1.66	1.38	17.08
0.92	4	0.30	0.38	0.42	0.12	0.04	67	1.41	1.11	21.43
-1.13	5	0.47	0.54	0.57	0.10	0.03	67	1.21	1.06	12.23
			Gemiddelde		0.16	0.09	49.29	1.56	1.27	18.73
Waarde-oost										
1.2	1	0.41	0.46	0.65	0.24	0.19	20.81	1.59	1.42	10.94
-0.59	2	0.79	0.89	1.29	0.50	0.40	19.96	1.63	1.45	11.12
1.58	3	0.00	0.00	0.45	-	-	-	-	-	-
-1.26	4	0.74	0.79	0.67	-0.07	-0.12	-70.19	1.10	1.18	-6.60
-1.19	5	0.65	0.65	1.00	0.35	0.35	0.85	1.55	1.54	0.46
			Gemiddelde		0.26	0.21	-7.15	1.47	1.39	3.98
Zuidgors-oost										
1.64	3	0.15	0.15	0.25	0.10	0.10	7.46	1.71	1.62	5.02
0.85	4	0.27	0.37	0.38	0.11	0.01	86.11	1.38	1.04	24.89
-1.38	5	0.42	0.56	0.51	0.09	-0.05	155.11	1.23	1.10	10.25
			Gemiddelde		0.10	0.02	82.90	1.44	1.25	13.38
Paulina										
0.43	1	0.25	0.80	0.27	0.02	-0.53	2633	1.08	2.95	-173
-0.19	2	0.27	0.04	0.41	0.14	0.37	-174	1.49	10.23	-585
1.16	3	0.03	0.01	0.10	0.07	0.09	-33.71	2.94	8.48	-189
0.16	4	0.31	0.35	0.28	-0.03	-0.07	-156	1.09	1.24	-13.13
-0.65	5	0.29	0.30	0.48	0.19	0.18	6.95	1.65	1.58	4.34
			Gemiddelde		0.08	0.01	455.43	1.65	4.90	-191
Bath-west										
1.29	1	0.25	0.35	0.37	0.12	0.02	84.80	1.47	1.05	28.70
-1.06	2	0.34	0.39	0.37	0.03	-0.02	163.22	1.08	1.05	3.03
1.23	3	0.32	0.33	0.44	0.12	0.11	5.51	1.38	1.35	2.05
0.06	4	0.44	0.58	0.51	0.07	-0.07	193.95	1.17	1.14	2.87
-1.03	5	0.54	0.59	0.72	0.18	0.13	-	1.33	1.23	7.65
			Gemiddelde		0.10	0.04	111.87	1.29	1.16	8.86

Tabel B 11: Gemiddelde Maximale ebsnelheden tijdens springtij

Doodtij: maximale vloodsnelheden

Zuidgors-west	SW1	SW2	Meting	Abs. fout SW1	Abs. fout SW2	Verb. Abs. fout (%)	Meting/ SW1	Meting/ SW2	Verb. rel. fout (%)
Hoogte / mp									
0.6	1	0.05	0.06	0.17	0.12	0.11	13.98	3.64	26.94
-0.85	2	0.15	0.20	0.42	0.27	0.22	18.46	2.88	25.73
1.12	3	0.08	0.09	0.14	0.06	0.05	16.97	1.74	11.14
0.92	4	0.10	0.14	0.18	0.08	0.04	46.94	1.87	28.91
-1.13	5	0.18	0.20	0.40	0.22	0.20	7.27	2.21	8.06
			Gemiddelde	0.15	0.13	20.72	2.47	1.94	20.16
Waarde-oost									
1.2	1	0.09	0.14	0.16	0.07	0.02	64.84	1.69	30.99
-0.59	2	0.49	0.48	1.07	0.58	0.59	-1.28	2.20	-1.55
1.58	3	999.00	999.00	0.53	-	-	-	-	-
-1.26	4	0.02	0.53	0.57	0.55	0.04	92.63	30.25	96.44
-1.19	5	0.02	0.56	0.57	0.55	0.01	98.11	36.90	97.24
			Gemiddelde	0.44	0.17	63.58	17.76	1.37	55.78
Zuidgors-oost									
1.64	3	0.05	0.05	0.19	0.14	0.14	-3.29	3.67	-9.62
0.85	4	0.05	0.05	0.28	0.23	0.23	2.97	5.82	12.53
-1.38	5	0.05	0.05	0.53	0.48	0.48	0.60	11.10	5.68
			Gemiddelde	0.28	0.28	0.09	6.86	6.53	2.86
Paulina									
0.43	1	0.12	0.13	0.15	0.03	0.02	25.66	1.27	6.41
-0.19	2	0.22	0.28	0.36	0.14	0.08	43.90	1.65	22.21
1.16	3	0.02	0.00	0.09	0.07	0.09	-28.75	3.84	-44.1
0.16	4	0.11	0.09	0.12	0.01	0.03	-55.4	1.04	-32.43
-0.65	5	0.18	0.25	0.23	0.05	-0.02	147	1.29	14.17
			Gemiddelde	0.06	0.04	-73.30	1.82	5.14	-86.18
Bath-west									
1.29	1	0.14	0.15	0.08	-0.06	-0.07	-28	1.72	-11.72
-1.06	2	0.01	0.01	0.08	0.07	0.07	2	6.12	10.53
1.23	3	0.03	0.05	0.65	0.62	0.60	1.84	19.04	24.94
0.06	4	0.07	0.07	0.23	0.16	0.16	-1.82	3.33	-4.42
-1.03	5	0.23	0.39	0.38	0.15	-0.01	105	1.64	37.99
			Gemiddelde	0.19	0.15	15.85	6.37	5.23	11.46

Tabel B 12: Gemiddelde maximale snelheden tijdens doodtij

Doodtij: maximale ebsnelheden

Zuidgors-west		SW1	SW2	Meting	Abs. fout SW1	Abs. fout SW2	Verb. Abs. fout (%)	Meting/ SW1	Meting/ SW2	Verb. rel. fout (%)
Hoogte / mp										
0.6	1	0.13	0.15	0.25	0.12	0.10	22.50	1.99	1.63	18.22
-0.85	2	0.21	0.30	0.45	0.24	0.15	38.88	2.13	1.48	30.44
1.12	3	0.09	0.13	0.16	0.07	0.03	59.80	1.78	1.21	31.91
0.92	4	0.21	0.28	0.23	0.02	-0.05	311.17	1.12	1.23	-9.53
-1.13	5	0.29	0.35	0.47	0.18	0.12	32.39	1.60	1.34	16.26
			Gemiddelde		0.13	0.07	92.95	1.72	1.38	17.46
Waarde-oost										
1.2	1	0.23	0.34	0.25	0.02	-0.09	458.38	1.11	1.36	-22.08
-0.59	2	0.60	0.68	0.93	0.33	0.25	24.29	1.55	1.37	11.71
1.58	3	0.00	0.00	0.56	-	-	-	-	-	-
-1.26	4	0.80	0.54	0.43	-0.37	-0.11	69.28	1.85	1.26	31.91
-1.19	5	0.64	0.45	0.39	-0.25	-0.06	77.20	1.65	1.15	30.32
			Gemiddelde		-0.07	0.00	157.29	1.54	1.28	12.97
Zuidgors-oost										
1.64	3	0.11	0.18	0.19	0.08	0.01	89.84	1.66	1.04	37.20
0.85	4	0.13	0.18	0.29	0.16	0.11	29.63	2.29	1.66	27.64
-1.38	5	0.24	0.31	0.45	0.21	0.14	35.95	1.90	1.44	24.52
			Gemiddelde		0.15	0.09	51.81	1.95	1.38	29.79
Paulina										
0.43	1	0.14	0.18	0.22	0.08	0.04	51.65	1.57	1.21	22.84
-0.19	2	0.20	0.28	0.38	0.18	0.10	47.61	1.93	1.34	30.66
1.16	3	0.03	0.01	0.09	0.06	0.08	-39.73	2.65	7.63	-189
0.16	4	0.19	0.25	0.26	0.07	0.01	82.46	1.37	1.05	23.38
-0.65	5	0.27	0.35	0.41	0.14	0.06	54.88	1.54	1.19	22.70
			Gemiddelde		0.11	0.06	39.37	1.81	2.48	-17.81
Bath-west										
1.29	1	0.26	0.35	0.31	0.05	-0.04	193.74	1.18	1.15	3.21
-1.06	2	0.33	0.38	-	-	-	-	-	-	-
1.23	3	0.00	0.00	0.37	-	-	-	-	-	-
0.06	4	0.21	0.27	0.45	0.24	0.18	27.77	2.19	1.65	24.90
-1.03	5	0.50	0.55	0.69	0.19	0.14	27.43	1.39	1.25	9.63
			Gemiddelde		0.16	0.09	82.98	1.59	1.35	12.58

Tabel B 13: Gemiddelde maximale ebsnelheden tijdens doodtij

BIJLAGE C: Debieten voor validatie SW 1996-3

Raai	Debiet SW 1996-1 (Mm ³)	Debiet SW 1996-3 (Mm ³)	Verschil (%)
R2 Schaar vd Noord	126.0	126.3	0.3
R2 Nauw van Bath	121.6	121.6	0.0
R3 Valkenisse (tot)	281.4	281.8	0.1
R3 Overl. v. Valken.	265.9	265.9	0.0
R3 Zimmermgeul	18.0	18.4	2.0
R5a Zuidergat	243.4	244.4	0.4
R5a Schaar v.Waarde	148.8	148.3	-0.3
R5 Zuidergat	169.8	169.4	-0.2
R5 Schaar v.Waarde	246.4	246.0	-0.1
R6 Middelgat	230.9	231.2	0.1
R6 Gat van Ossenisse	359.7	360.1	0.1
R7 Pas v.Terneuzen	306.8	307.5	0.2
R7 Everingen	501.2	501.1	0.0
R9 Vw I Hoofdpl	106.2	106.0	-0.2
R9 Sch Spykerpl	470.0	470.5	0.1
R9 Honte	497.2	497.5	0.1
R9 Spykerp Honte	961.3	962.1	0.1
R10 Vw Hoofdpl	323.9	323.3	-0.2
R10 Honte	1055.8	1056.2	0.0
R11 Wielingen	1076.7	1077.3	0.1
R11 Sardijngeul	197.1	197.3	0.1
R12 Wielingen	1042.9	1043.1	0.0
R12 Deurloo	215.5	215.8	0.1
R12 Oostgat	210.3	210.3	0.0

Tabel C.1: Debieten tijdens vloed onder normale omstandigheden

Raai	Debiet SW 1996-1 (Mm ³)	Debiet SW 1996-3 (Mm ³)	Verschil (%)
R2 Schaar vd Noord	-67.9	-67.4	-0.7
R2 Nauw van Bath	-171.4	-172.2	0.4
R3 Overl. v. Valken.	-248.1	-248.6	0.2
R3 Zimmermgeul	-25.1	-25.2	0.5
R5a Zuidergat	-248.1	-249.1	0.4
R5a Schaar v.Waarde	-128.5	-128.1	-0.3
R5 Zuidergat	-225.2	-225.7	0.2
R5 Schaar v.Waarde	-172.0	-173.0	0.5
R6 Middelgat	-262.2	-262.3	0.0
R6 Gat van Ossenisse	-300.9	-301.6	0.2
R7 Pas v.Terneuzen	-357.8	-358.6	0.2
R7 Everingen	-406.8	-406.5	-0.1
R9 Vw I Hoofdpl	-112.9	-113.5	0.6
R9 Sch Spykerpl	-400.2	-400.3	0.0
R9 Honte	-492.3	-492.2	0.0
R9 Spykerp Honte	-890.2	-890.2	0.0
R10 Vw Hoofdpl	-232.4	-232.1	-0.1
R10 Honte	-969.6	-969.4	0.0
R11 Wielingen	-1036.4	-1036.9	0.0
R11 Sardijngeul	-152.9	-152.9	0.0
R12 Wielingen	-1055.5	-1055.8	0.0
R12 Deurloo	-199.0	-199.1	0.1
R12 Oostgat	-103.7	-103.8	0.1

Tabel C.2: Debieten tijdens eb onder normale omstandigheden

Raai	Debiet SW 1996-1 (Mm ³)	Debiet SW 1996-3 (Mm ³)	Verschil (%)
R2 Schaar vd Noord	179.8	178.8	-0.56
R2 Nauw van Bath	140.0	143.5	2.47
R3 Valkenisse (tot)	379.9	384.0	1.06
R3 Overl. v. Valken.	321.0	321.2	0.06
R3 Zimmermgeul	61.7	63.0	2.09
R5a Zuidergat	293.9	294.5	0.22
R5a Schaar v.Waarde	267.6	266.3	-0.47
R5 Zuidergat	223.4	217.3	-2.76
R5 Schaar v.Waarde	365.9	377.0	3.01
R6 Middelgat	349.6	352.1	0.71
R6 Gat van Ossensisse	458.3	454.9	-0.75
R7 Pas v.Terneuzen	407.2	410.5	0.80
R7 Everingen	664.3	661.5	-0.42
R9 Vw I Hoofdpl	184.6	185.5	0.46
R9 Sch Spykerpl	661.6	667.7	0.92
R9 Honte	539.5	535.4	-0.76
R9 Spykerp Honte	1194.2	1194.7	0.04
R10 Vw Hoofdpl	433.3	428.5	-1.10
R10 Honte	1304.0	1306.4	0.19
R11 Wielingen	1355.7	1356.6	0.07
R11 Sardijngeul	265.9	266.7	0.31
R12 Wielingen	1298.8	1300.6	0.14
R12 Deurloo	344.4	344.7	0.09
R12 Oostgat	182.7	183.4	0.38

Tabel C.3: Debieten tijdens vloed onder stormomstandigheden

Raai	Debiet SW 1996-1 (Mm ³)	Debiet SW 1996-3 (Mm ³)	Verschil (%)
R2 Schaar vd Noord	-75.6	-74.5	-1.55
R2 Nauw van Bath	-229.9	-229.2	-0.31
R3 Valkenisse (tot)	-366.7	-362.7	-1.07
R3 Overl. v. Valken.	-319.9	-317.1	-0.85
R3 Zimmermgeul	-48.0	-47.7	-0.65
R5a Zuidergat	-317.9	-320.2	0.73
R5a Schaar v.Waarde	-202.2	-200.6	-0.80
R5 Zuidergat	-303.4	-312.8	3.08
R5 Schaar v.Waarde	-242.7	-237.0	-2.36
R6 Middelgat	-362.3	-360.5	-0.50
R6 Gat van Ossenis	-377.2	-377.4	0.06
R7 Pas v.Terneuzen	-483.1	-483.7	0.13
R7 Everingen	-489.1	-488.8	-0.05
R9 Vw I Hoofdpl	-121.2	-122.6	1.08
R9 Sch Spykerpl	-475.0	-467.8	-1.54
R9 Honte	-654.1	-660.4	0.96
R9 Spykerp Honte	-1114.9	-1113.5	-0.12
R10 Vw Hoofdpl	-236.5	-233.4	-1.32
R10 Honte	-1219.6	-1216.2	-0.27
R11 Wielingen	-1301.5	-1300.1	-0.10
R11 Sardijngeul	-148.6	-148.9	0.17
R12 Wielingen	-1331.8	-1334.3	0.19
R12 Deurloo	-191.7	-192.1	0.22
R12 Oostgat	-125.6	-125.8	0.23

Tabel C.4: Debieten tijdens eb onder stormomstandigheden